



سلسلة المعارف الزراعية

# النباتات الراقية واحياجاتها الغذائية

الأستاذ الدكتور / إيهاب الصياد



دار المعارف

بطاقة النهرسة  
إعداد الهيئة المصرية العامة لدار الكتب والوثائق القومية  
إدارة الشؤون الفنية

الصيد ، إيهاب .

النباتات الراقية واحتياجاتها الغذائية .

تأليف : إيهاب الصيد .

- ط ١ - القاهرة : دار المعارف ، ٢٠٠٩ .

١٧٦ ، ١٦ ص ٢١١ سم - (سلسلة المعارف الزراعية) .

تتمك : ٨ - ٧٣١٥ - ٠٢ - ٩٧٧ - ٩٧٨ .

١ - النباتات .

(أ) العنوان .

ديوى ٥٨٠

١ / ٢٠٠٦ / ٣٤

رقم الإيداع ٢٠٠٩ / ٥٢٨٨

تصميم الغلاف: شريفة أبو سيف

تنفيذ المتن والغلاف

بقطاع نظم وتكنولوجيا المعلومات

دار المعارف

الناشر : دار المعارف - ١١١٩ كورنيش النيل - القاهرة ج . م . ع .

هاتف: ٢٥٧٧٧٠٧٧ - فاكس: ٢٥٧٤٤٩٩٩ E-mail: maaref@idsc.net.eg

## مقدمة

تعتبر الخلية هي الوحدة التركيبية والوظيفية الأساسية للحياة. وفي الكائنات الأولية مثل النباتات وحيدة الخلية فإن الخلية تعتبر كائناً حياً يقوم بجميع الوظائف الحيوية والانقسام لزيادة أعدادها. أما النباتات الراقية فهي النباتات التي تتكون أجسامها من العديد من الخلايا المتجمعة والتي تنظم بكل دقة عمليات النمو والتطور خلال التفاعلات الكيميائية وهي تنقسم إلى جذر وساق وأوراق وأزهار وثمار وتتكاثر عن طريق زراعة البذور، كما أنها تحتوى على مادة الكلوروفيل فى أوراقها وبالتالي تستطيع أن تقوم بعملية التمثيل الضوئى وتكوين المواد الكربوهيدراتية من خلالها.

كما أن النباتات الراقية تحتاج إلى العديد من العناصر الغذائية الضرورية لنموها والتي تستطيع أن تحصل عليها من خلال ثغور الأوراق مثل عناصر الكربون والأكسجين من الهواء الجوى عن طريق غاز ثانى أكسيد الكربون والماء المكون من نرتين ذرة هيدروجين وذرة أكسجين عن طريق الامتصاص بواسطة الجذور كما أن بقية العناصر تدخل إلى جسم النبات من خلال الامتصاص بالجذور على صورة أيونات ذائبة فى المحلول الأرضى.

وتعتبر النباتات الراقية أحد العناصر الأساسية لوجود الحياة على كوكب الأرض نظراً للدور الذى تلعبه فى عملية التمثيل الضوئى من خلال تنقية الهواء الجوى من غاز ثانى أكسيد الكربون وانطلاق غاز الأكسجين اللازم للحياة. كما أن النباتات الراقية تعتبر مصدراً رئيسياً لإنتاج المواد الغذائية المختلفة للإنسان والحيوان. ولذا فإن الإنسان على مر السنين ينظر إلى النباتات على أنها أحد المصادر الرئيسية لغذائه، وبالتالي فإن كل محاولاته تنحصر فى السعى الدائم للحصول على أعلى محصول ممكن منها. والنبات كائى حائى يحتاج إلى العديد من العوامل اللازمة لحياته. وتعتبر العناصر الغذائية التى يستمدّها النبات من الأرض أحد العوامل المحددة لنموه وكذلك كمية ونوعية المحصول الناتج. ولذا

فإن توفر العناصر الغذائية الضرورية للنبات بصورة ميسرة في الأرض التي ينمو عليها بالإضافة إلى توفر العناصر الأرضية الأخرى والعوامل البيئية المناسبة سوف يؤدي بالضرورة إلى الحصول على أعلى إنتاج من نباتات الصنف التي تحمل نفس الصفات الوراثية، ولذا فإنه يمكن القول: إن محتوى النبات من العناصر الغذائية ماهو إلا دليل على حالة تيسر تلك العناصر في الأرض التي ينمو عليها النبات. ويهدف هذا الكتاب إلى استعراض العناصر الغذائية الضرورية للنباتات الراقية. كل على حدة من حيث المصدر ومدى احتياج النبات للعنصر ووظائفه داخل النبات، ومحتوى النبات منه وعلاقته بالعناصر الأخرى والصور التي يتواجد عليها داخل النبات والصور الميسرة للعنصر في التربة. كما يتضمن الكتاب أيضاً صوراً ملونة للأعراض التي تظهر على النباتات الراقية نتيجة لنقص أحد العناصر الغذائية الضرورية للنمو. وقد تم أيضاً توضيح أسس تقدير الاحتياجات السمادية للنباتات الراقية وأهم اختبارات التربة التي يمكن عن طريق إجرائها معرفة الاحتياجات السمادية للنبات.

وقد تضمن الباب الأخير استعراضاً للجزء النباتي المناسب أخذه لتحليل عينات النبات للتعرف إلى حالتها الغذائية وتقدير الاحتياجات السمادية وذلك للعديد من المحاصيل الحقلية والخضر والفاكهة عن طريق الجداول الملحق لكل محصول والذي يمكن عن طريقها تفسير النتائج المتحصل عليها من تحليل العينات النباتية للعناصر المختلفة ووضع التوصيات السمادية المناسبة لتلك المحاصيل كل على حدة.

وأرجو أن يلبي هذا الكتاب رغبات الدارسين والعاملين في المجالات المختلفة للإنتاج الزراعي.

والله ولي التوفيق

المؤلف

أ.د. إيهاب الصياد

# الباب الأول

## مصادر وصور العناصر الغذائية وميكانيكية

### امتصاصها بواسطة النباتات الراقية

#### مكونات التربة:

التربة نظام يتكون من مواد غير متجانسة تشكل ثلاثة أطوار مختلفة الخواص

وهي:

١ - الطور الصلب Solid phase.

٢ - الطور السائل Liquid phase.

٣ - الطور الغازي Gaseous Phase.

وسوف نستعرض مكونات كل طور من هذه الأطوار الثلاثة فيما يلي:

١ - الطور الصلب Solid phase: وتتكون المواد الصلبة للتربة من محصلة العمليات

الفيزيائية والكيميائية والحيوية. وهو المخزن الرئيسي لمعظم العناصر الغذائية التي يحتاجها النبات لكي يكمل دورة حياته ويشمل الطور الصلب جزئين رئيسيين هما:

(أ) الجزء المعدني Inorganic Portion: ويتألف من حبيبات معدنية مختلفة

الأقطار والأحجام. وذلك لاختلاف أصل مكوناتها. بعضها خشن يمكن رؤيته بالعين

المجردة وبعضها دقيق جدا لا يمكن رؤيته حتى بالميكروسكوب العادي وعليه تقسم

تلك الحبيبات حسب أحجامها إلى:

رمل خشن قطر حبيباته ٢,٠ - ٠,٢ مم

رمل ناعم قطر حبيباته ٠,٢ - ٠,٠٢ مم

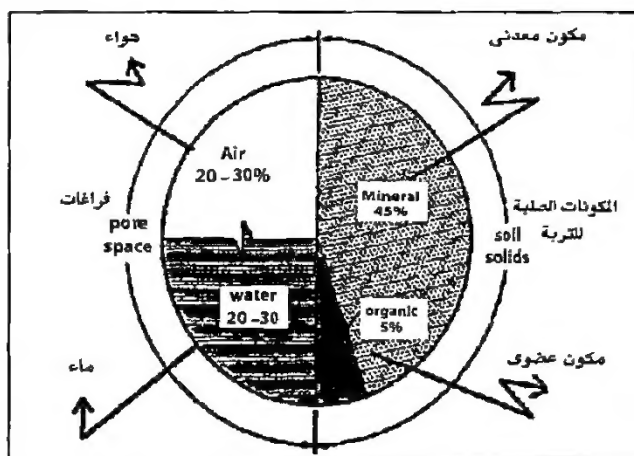
سليت قطر حبيباته ٠,٠٢ - ٠,٠٠٢ مم

طين قطر حبيباته أقل من ٠,٠٠٢ مم

والجزء المعدني يتكون من المعادن الأولية Primary minerals والمعادن الثانوية Secondary Minerals.

(ب) الجزء العضوي Organic Portion: وهو الجزء المكمل للطور الصلب للتربة وهو عبارة عن بقايا ومخلفات النبات والحيوان المعرضة لعمليات التحلل داخل التربة بواسطة الكائنات الحية الدقيقة.

والشكل (١) يوضح النسب التقريبية لمكونات التربة الثلاث (الطور الصلب- الطور السائل- الطور الغازي) المختلفة للتربة في أرض طميية سلتية تحت الظروف المثلى لنمو النبات على أساس الحجم حيث يلاحظ أن ٤٥٪ من حجم الأرض عبارة عن مواد صلبة معدنية بينما تكون المادة العضوية ٥٪ فقط. والـ ٥٠٪ الأخرى عبارة عن فراغات بين الحبيبات تمتلئ نصفها بالماء أى حوالي ٢٠ - ٣٠٪ من حجم الأرض الكلى. والنصف الآخر وهو حوالي ٢٠ - ٣٠٪ من حجم الأرض الكلى يمتلئ بالهواء وذلك عند ظروف الرطوبة المثلى لنمو النبات. ومن الجدير بالذكر أن المكونات المختلفة للأرض توجد في حالة تداخل واختلاط مع بعضها يؤدي إلى تفاعلات كثيرة داخل كل مكون أو بين هذه المكونات مع بعضها مما يؤدي إلى تغييرات ملموسة في الظروف المحيطة لنمو النبات.



شكل (١) التركيب الحجمي لأرض طميية سلتية للطبقة السطحية في حالة الظروف المثلى لنمو النبات

الصورة التى توجد عليها العناصر الغذائية فى الطور الصلب فى التربة:

إن الحبيبات المعدنية والعضوية فى الطور الصلب فى التربة هى المخزن الرئيسى للعناصر الغذائية فى الأرض حيث يحتوى ذلك المكون على معظم الكمية الكلية للعناصر الغذائية ولكن توجد تلك العناصر فى صورة مركبات كيميائية معدنية وعضوية تقسم كما يلى:

– معادن أولية Primary minerals

– معادن ثانوية Secondary minerals

– مادة عضوية Organic matter

### أولاً: المعادن الأولية:

وهذه المعادن نتجت من تفتت الصخور عندما تعرضت إلى عوامل التعرية الطبيعية فقط وبالتالي لم يحدث أى تغيير فى تركيبها الكيميائى عما كانت عليه فى الصخر الأصلى. ونظرا للكبر النسبى لأقطار تلك المعادن فإنها تتركز فى الجزء الخشن من الجسم الصلب (فى مجموعة الرمل) ، وتنحصر أهميتها فى أنها مخزن العناصر الغذائية التى يحتاجها النبات. وتنطلق العناصر الغذائية من تلك المعادن إلى المحلول الأرضى فى صورة ميسرة للنبات إذا ما تعرضت هذه المعادن لعمليات التعرية الكيميائية (مثل النوبان- الانحلال المائى). ويوضح الجدول (١) أهم المعادن الأولية التى توجد فى الأرض وخواصها والتى تعتبر مصدرا هاما للعناصر الغذائية للنبات.

جدول (١) أهم المعادن الأولية والتى تعتبر مصدرا للعناصر فى الأرض

المعدن	الرمز الكيميائى	الخواص
– الفلسبارات feldspar		
أورثوكلاز	$\text{KAlSi}_3\text{O}_8$	مقاوم جدا للتجوية ويتأثر بالتحليل المائى ومصدر للبوتاسيوم فى الأراضى.

المعدن	الرمز الكيميائي	الخواص
أنورثيت	$\text{Ca Al}_2 \text{Si}_2 \text{O}_8$	قابل للتجوية أسرع من الأورثوكلاز مصدر للكالسيوم في الأرض.
-الامفيبولات والبيروكسين		
هورنبلند (أمفيبول)	$(\text{Ca}) (\text{Mg}, \text{Na}, \text{Fe}, \text{Al})_3 \text{Si}_4 \text{O}_{11}$	معادن غامقة اللون- قابلة للتجوية حيث تكون معادن طين عند
أوجيت (بيروكسين)	$(\text{Ca}) (\text{Mg}, \text{Al}, \text{Fe}) \text{Si}_2 \text{O}_6$	تجويتها وتمد الأرض بمناصر الكالسيوم- الغنسيوم- الحديد.
-الميكات Mica		
ميكات مسكوفيت	$\text{K}(\text{Si}, \text{Al})_4 \text{Al}_2 \text{O}_{10}(\text{OH})_2$	فاتح اللون- تركيبه صفائحى يعطى بوتاسيوم عند تحلله ومعادن طين
ميكات بيوتيت	$\text{K}(\text{Si}, \text{Al})_4 (\text{Fe}, \text{Mg})_3 \text{O}_{10}(\text{OH})_2$	غامق اللون أقل ثباتا من السابق ويعطى بوتاسيوم وحديدا عند تحلله.
- الأوليفين		
الفورستريت	$\text{Mg}_2 \text{SiO}_4$	سهلة التجوية وتعطى عند تحللها معادن طين
الفيلايت	$\text{Fe}_2 \text{SiO}_4$	غنية بالحديد وهى تسهم كثيرا فى خصوبة الأرض.



## ثانياً: المعادن الثانوية Secondary minerals:

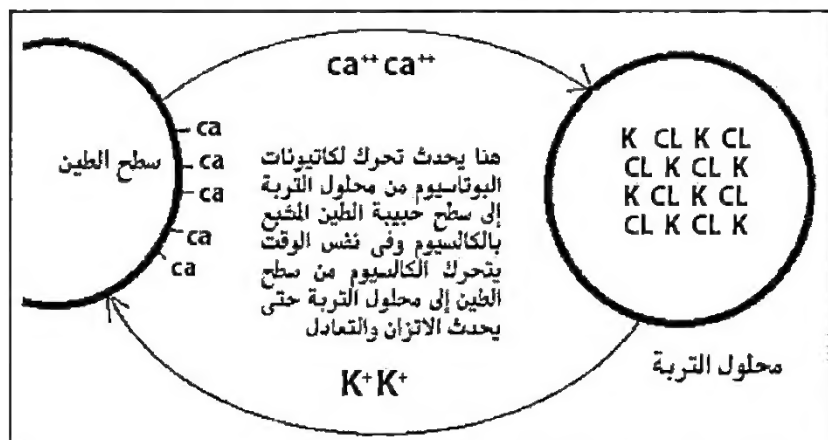
وتنشأ هذه المعادن نتيجة عمليات التعرية الكيميائية للمعادن الأولية التي تعتبر الأساس في تكوين المعادن الثانوية التي تمد النبات بالعناصر الغذائية. وتوجد هذه المعادن غالباً في الجزء الناعم من التربة والذي أقطاره أقل من ٠,٠٠٢ مم (مجموعة الطين) وأهم هذه المعادن موضحة في جدول رقم (٢) .

### جدول (٢) أهم المعادن الثانوية الموجودة في الأرض:

المعدن	الرمز	الخواص
معادن الكربونات		
الكالسيت	CaCO <sub>3</sub>	قليل الذوبان في الماء ويعطى فوراناً مع المحاليل الحامضية ويذوب في حامض الهيدروكلوريك وله أهمية خاصة في تنظيم PH الأرض كما أنه يعتبر مصدراً للكالسيوم والمغنسيوم.
المغنيسيت	MgCO <sub>3</sub>	
الدولوميت	(Ca,Mg) (CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	
معادن الكبريتات		
الجبس	CaSO <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O	من أكثر معادن الجدول قابلية للذوبان كما أنه مصدر للكالسيوم والكبريت
الانهدريت	CaSO <sub>4</sub>	
معادن الكبريتورات		
البيريت	Fe,s	مصدر للحديد والكبريت ويتأكسد تحت ظروف مناسبة مكونة حامض الكبريتيك H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>

المعدن	الرمز	الخواص
معادن الفوسفات		
الابانيت	$\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$	معدن بنى اللون وهو المصدر الأصلي للفوسفور فى الأرض
الأكاسيد		
هيماتيت	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	أحمر اللون يكسب الأرض اللون الأحمر فى حالة الظروف جيدة التهوية ودليل على جودة الصرف
ماجنتيت	$\text{Fe}_3\text{O}_4$	بنى غامق مغناطيسى مقاوم للتجوية
معادن الطين	Al silicate	

ومعادن الطين أهم المعادن الثانوية من حيث علاقتها الشديدة بخصوبة التربة وتغذية النبات. وذلك لأنها مسئولة بدرجة كبيرة على الخواص الطبيعية والكيميائية للأراضى، وكذلك يؤثر الطين على العمليات الحيوية للتربة بصورة مباشرة أو غير مباشرة ومن أهم خواص الطين ما يلى:



١ - تحمل شحنات كهربية سالبة على سطوحها تدمص عليها كاتيونات العناصر الغذائية ويمكن لهذه الكاتيونات أن تخرج إلى المحلول الأرضي عن طريق عملية التبادل مما يجعل تلك المعادن تتحكم في تركيز العناصر الغذائية في المحلول الأرضي ويمكن أن نوضح ذلك كما يلي:

والشحنات السالبة الموجودة على سطوح الطين تكون جزءاً منه ومثبتة بجزيئات الطين. ولا تستطيع الحركة إلى محلول التربة. وكل شحنة سالبة موجودة على الطين أو في محلول التربة يجب أن يرافقها شحنة موجبة معادلة لها. وفي المثال السابق يلاحظ حدوث حركة من محلول التربة إلى سطوح الطين وفي نفس الوقت حركة معاكسة من سطوح الطين إلى المحلول الأرضي. وذلك من أجل حدوث تعادل كهربي في كلا الجسمين ومرافقة كل أنيون كاتيون لمعالجة الشحنة. وحيث إن الكالسيوم ثنائي التكافؤ (شحنتان موجبتان) فإن هناك حاجة إلى أيونين من البوتاسيوم (أحادي التكافؤ = شحنة موجبة واحدة) لكل أيون كالسيوم تحرر من سطوح الطين من أجل حدوث التعادل.

٢ - يؤثر الطين في الصفات الطبيعية للتربة التي بدورها تؤثر في نمو النبات. حيث إن الطين له مساحة سطحية كبيرة جداً بالمقارنة بالسلت والرمل ولذلك فإنه المسئول عن الخواص التالية: احتفاظ التربة بالماء، تجمع الحبيبات، تقلص وتمدد التربة، تشبع التربة بالماء وكذلك فإن الطين يؤثر في مرونة التربة وحركة الماء بها.

٣ - تقوم معادن الطين من النوع ٢ : ١ بتثبيت العناصر الغذائية ومنها البوتاسيوم والأمونيوم ( $NH_4^+$ ).

ومن الجدير بالذكر أن للطين سعة تبادلية كاتيونية تختلف من معدن طين إلى آخر ويمكن إيضاحها في الجدول رقم (٣).

السعة التبادلية الكاتيونية Cation Exchange Capacity (CEC) ملليمكافى/ ١٠٠ جم معدن	معادن الطين Clay minerals
١٥ - ٣	الكاولينيت Kaolinite

السعة التبادلية الكاتيونية Cation Exchange Capacity (CEC) ملليمكافى/ ١٠٠ جم معدن	معادن الطين Clay minerals
٥٠ - ٢٠	الايليت Illite
١٢٠ - ٨٠	المونتي موريللونيت Montmorillonite
٢٠٠ - ١٠٠	الفيرميكلوليت Vermiculite
٤٠ - ١٠	الكلوريت Chlorite
٣٠٠ - ٢٠٠	الدبال Humus

جدول (٣) السعة التبادلية الكاتيونية لبعض معادن الطين

(المصدر: Scheffer- Schachtschabel, 1976)

ولا ننسى فى هذا المجال أن نذكر بعض المعادن الشائعة التى تحتوى على العناصر الغذائية الصغرى والتى تعتبر المصادر الرئيسية لهذه العناصر فى الأرض. جدول (٤) يوضح المعادن الشائعة التى تحتوى على عناصر المغذيات الصغرى

Boron البورون		
البورات المتأزرنة :Hydrous Borates		
$\text{Na}_2 \text{B}_4 \text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$	Borax بوراكس	
$\text{Na}_2 \text{B}_4 \text{O}_7 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$	Kernite كيرنيت	
$\text{Ca}_2 \text{B}_6 \text{O}_{11} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	Colemanite كوليمانيت	
البورات غير المتأزرنة :Anhydrous Borates		
$\text{Mg}_3 (\text{BO}_3)_2$	Kotolt كوتولت	
Copper النحاس		
$\text{Cu}_2\text{S}$	Chalcocite كالكوسيت	الكبريتات البسيطة Simple sulfides
$\text{CuS}$	Covellite كوفيليت	
$\text{Cu Fe S}_2$	Chalcopyrite كالكوبيريت	الكبريتات المعقدة Complex Sulfides
$\text{Cu}_5 \text{Fe S}_4$	Bornite بورنيت	

CuO	تينوريت Tenorite	أكاسيد Oxides
Cu <sub>2</sub> O	كوبريت Cuprite	
Cu <sub>2</sub> (OH) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	مالاكييت Malachite	الكربونات Carbonates
Cu <sub>3</sub> (OH) <sub>2</sub> (CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	أزوريت Azurite	
Cu <sub>4</sub> (OH) <sub>6</sub> SO <sub>4</sub>	بروكانتيت Brochantite	الكبريتات Sulfat
الحديد Iron		
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	هيماتيت Hematite	أكاسيد Oxides
FeOOH	جيوتيت Goethite	
Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	ماجنتيت Magnetite	
FeS <sub>2</sub>	بيريت Pyrite	كبريتيدات Sulfides
FeCO <sub>3</sub>	سيدرنت Sidrite	كربونات Carbonates
(Mg,Fe) <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub>	الأوليفين Olivine	سليكات مرتفعة الحرارة Many high temperature silicates
	جلايوكونيت Glauconite	سليكات متأذنة منخفضة الحرارة Low- temperature hydrated silicates
المنجنيز manganese		
MnO <sub>2</sub>	بيروليوسيت Pyrolusite	أكاسيد بسيطة Simple Oxides
Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	هيوسمانيت Husmannite	
MnOOH	مانجانيت Manganite	
Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .nH <sub>2</sub> O	برايونيت Braiunite	أكاسيد معقدة Complex Oxides

$MnCO_3$	رودوكروسييت Rhodochrosite	كربونات Carbonites
$MnSiO_3$	Rhodonite	السيليكا Silicates
زنك Zinc		
$ZnS$	سفاليريت Sphalerite	كبريتيدات Sulfides
$ZnCO_3$	سمثسونيت Smithsonite	كربونات Carbonates
$Zn_4(OH)_2Si_2O_7 \cdot 4H_2O$	هيميمورفيت Hemimorphite	سليكات Silicates
موليبدينوم Molybdenum		
$MOOS_2$	موليبدينيت Molybdenite	كبريتيدات Sulfides
$MO_3O_8 \cdot 8H_2O$	السيمانيت Ilsemanite	أكاسيد Oxides
$CaMoO_4$	بوريليت Powellite	موليبدايت Molybdates
$Fe_2(MoO_4)_3 \cdot 8H_2O$	فيريموليبديت Ferrimolybdate	
$pbMoO_4$	ولفينيت Wulfenite	

(المصدر 1972، Krauskopf)

### ثالثاً: المادة العضوية Organic matter

تتكون المادة العضوية في الأرض من بقايا النباتات المنزعة وما يضاف إليها من أسمدة عضوية وهي تحتوى على جميع العناصر الضرورية لنمو النبات، وعند إضافتها إلى الأرض تهاجمها الكائنات الحية الدقيقة حيث تتحلل ويحدث بها تغيرات في كمية العناصر الغذائية المكونة لها وفي نسب هذه العناصر بعضها لبعض حيث تفقد عناصر الكربون والأكسجين والهيدروجين بكميات كبيرة والنواتج النهائي لتحلل المادة العضوية عبارة عن مادة معقدة التركيب وبطيئة التحلل يطلق عليها لفظ الدبال Humus. وتبلغ نسب الكربون: النيتروجين: الفوسفور: الكبريت في الدبال حوالى ١٠٠ : ١٠ : ١. والدبال مادة غروية لها أسطح نشطة تحمل شحنات

سالبة تنتج من تأين مجاميع الكربوكسيل  $\text{COOH}$  والفينول  $\text{OH}$  وبالتالي فإنها تدمص على سطوحها الأيونات موجبة الشحنة هذا بالإضافة إلى أن المادة العضوية تكون معقدة مع بعض العناصر مثل الحديد والمنجنيز.

وتؤدى هذه الصفات إلى حفظ المغذيات من الفقد فى مياه الصرف وخاصة فى الأراضي الرملية ذات المحتوى المنخفض من الطين. ومن الجدير بالذكر أن السعة التبادلية الكاتيونية للمادة العضوية تصل إلى ٤٥٠ للمكافئ/ ١٠٠ جم منها أى ثلاثة أضعاف معدن طين المونتيموريلونيت.

## ٢ - الطور السائل Liquid phase

يمثل هذا الطور المحلول الأرضى Soil Solution بما يحتويه من عناصر غذائية وكذلك غازات ذائبة ويمكن القول بأن الطور السائل يحتوى على جميع العناصر الغذائية الضرورية لنمو النبات بكميات تتفاوت من عنصر إلى آخر ولكن بصفة عامة لا يمكن اعتبار الطور السائل مخزناً للعناصر الغذائية فيما عدا عنصر الكلورين حيث يسلك سلوكاً مختلفاً إذ يتواجد جزء كبير من مخزونه الكلى فى الأرض فى المحلول الأرضى ويرجع هذا السلوك لارتفاع درجة ذوبان مركباته (ثانوية التكوين) فى الأرض مع قلة انتشار المعادن المحتوية عليه أصلاً. هذا بالإضافة إلى أن أنيون الكبريتات يتواجد بدرجة أقل فى المحلول الأرضى أيضاً وتلك الأنيونات (الكلورين والكبريتات) لا تدمص على سطح الجسم الصلب ومن الجدير بالذكر أن الطور الصلب والمحلول الأرضى فى حالة اتزان. ولذلك فإن أى زيادة فى تركيز المحلول الأرضى نتيجة التسميد مثلاً يتبعه أن تتبادل بعض أيونات هذه العناصر وتدمص على سطح الطين والمادة العضوية وأما إذا امتص النبات النامى بعض العناصر المحلول الأرضى فإن تركيزها يقل إلى درجة تستدعى أن ينطلق جزء من العناصر الموجودة فى الطور الصلب إلى المحلول الأرضى حتى يظل تركيز هذا الأخير مناسباً وعلى هذا فإنه يمكن القول بأن تركيب وتركيز المحلول الأرضى يتوقف على عدة عوامل أهمها:

- التركيب المعدنى للأرض.

- درجة عمليات الغسيل.
- محتوى التربة من الرطوبة.
- الموسم الزراعي.

### ٣ - الطور الغازى Gaseous phase

يتكون الهواء الأرضى من نفس مكونات الهواء الجوى وتتوقف كميته فى الأرض على مقدار المسافات البينية وعلى مقدار امتلائها بالماء ويوضح جدول (٥) مقارنة بكل من الهواء الجوى والهواء الأرضى.

جدول (٥) مقارنة بين مكونات الهواء الجوى والأرضى

الغاز	٪ بالحجم	
	هواء جوى	هواء أرضى
أكسجين	٢١	٢٠
نيتروجين	٧٨,٠٣	٧٨,٦
أرجون	٠,٩٤	٠,٩٠
ثانى أكسيد الكربون	٠,٠٣	٠,٥

ويتضح من الجدول أن أهم الاختلافات بين الهواء الجوى والأرضى تنحصر فى:

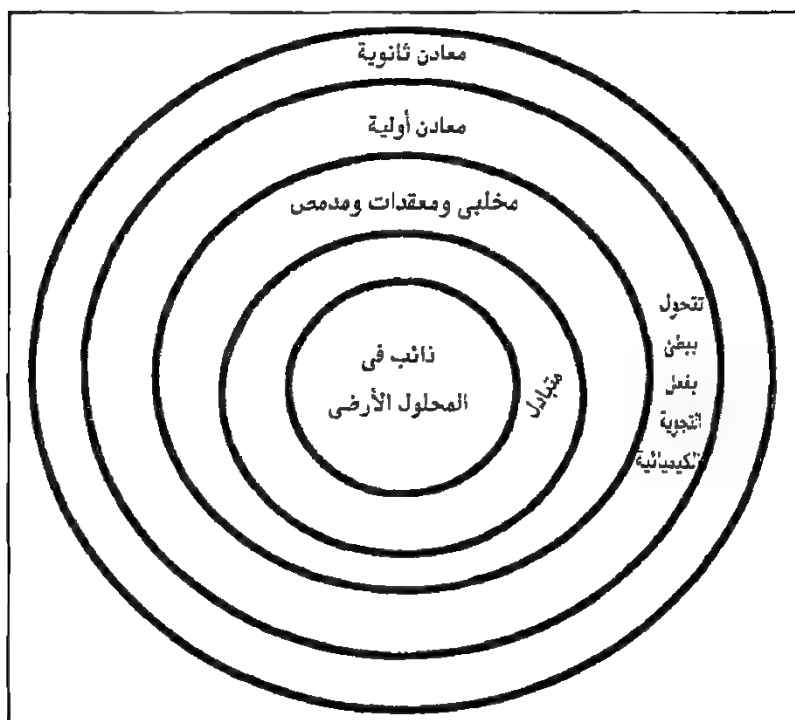
١ - ارتفاع نسبة غاز ثانى أكسيد الكربون ( $CO_2$ ) فى الهواء الأرضى عن الهواء الجوى نتيجة انطلاقه أثناء تنفس الجذور والكائنات الحية فى التربة. وكذلك نتيجة تحلل المادة العضوية وكذلك ببطء انتشار الغاز وتسربه إلى الجو نتيجة لضيق المسافات البينية من جهة وكذا ثقل الغاز من جهة أخرى.. ومن الجدير بالذكر أن جزءاً من غاز  $CO_2$  يذوب فى الماء الأرضى مكوناً حامض الكربونيك  $H_2CO_3$  الذى يزيد من ذوبان بعض المركبات الحاملة للعناصر الغذائية مثل كربونات وفوسفات الكالسيوم. ولكن من ناحية أخرى فإن التركيز المرتفع من  $CO_2$  يصاحبه نقص فى تركيز الأكسجين فى الهواء الأرضى (ظروف تهوية سيئة). وله أثر ضار على النباتات والكائنات الدقيقة حيث يؤدى إلى تثبيط تنفس الجذور وامتصاص العناصر الغذائية.



٢ - انخفاض نسبة غاز الأكسجين في الهواء الأرضي عن الجوى نتيجة لاستهلاك جزء كبير منه في عمليات التنفس.

ويعتبر الهواء الأرضي مصدراً هاماً لإمداد النبات باحتياجاته من النيتروجين وإن كانت معظم النباتات لا تستطيع الاستفادة من هذا النيتروجين مباشرة وتقوم بعض الكائنات الدقيقة بتثبيت هذا النيتروجين وتحوله من الصورة الغازية إلى صور يمكن للنبات الاستفادة منها.

ومما تقدم يمكن القول بأن العنصر يوجد في الأرض في عدة صور وليس صورة واحدة وتختلف هذه الصور في مدى صلاحيتها للامتصاص بواسطة النبات.



رسم تخطيطي يوضح صور تواجد العناصر في التربة (تبعاً لـ 1966 و Viets)

ويمثل الرسم التخطيطي السابق وجود العنصر فى عدة صور. ويلاحظ أن الثلاث صور الأولى وهى الصورة الذائبة فى الماء والصورة المتبادلة والصورة المعقدة والمخلوبة والدمصه توجد فى حالة اتزان مع بعضها. ويلاحظ أيضا من الرسم أن جزءاً من الموجود على صورة معادن أولية يمكن أن تنطلق إلى المحلول الأرضى مباشرة نتيجة تعرضها لعمليات الذوبان ويلاحظ أن معنى الاتزان هنا هو أنه يحدث تعويض من الصور الأخرى نتيجة لنقص محتوى العنصر فى إحدى الصور وهكذا.

ومن الجدير بالذكر أن محلول التربة يحتوى على الأيونات (الكاتيونات والأيونات) أى العناصر الغذائية فى صورة ذائبة سهلة الامتصاص بواسطة النبات ويمكن توضيح الصور التى يمتص النبات عليها العناصر الغذائية كما يلى:

**عناصر ضرورية لحياة النباتات الراقية تمتص من الهواء الجوى**

العنصر	الصورة التى يمتص عليها
الكربون (C)	$CO_2$ من الجو خلال ثغور الأوراق
الأكسجين (O)	$CO_2, O_2$ من الجو خلال ثغور الأوراق

**عناصر ضرورية لحياة النباتات الراقية تمتص من المحلول الأرضى**

الهيدوجين (H)	$H_2O$
النيتروجين (N)	$NH_4^+, NO_3^-$
الفوسفور (P)	$H_2PO_4^-$
البوتاسيوم (K)	$K^+$
الكالسيوم (Ca)	$Ca^{++}$
المغنسيوم (Mg)	$Mg^{++}$
الكبريت (S)	$SO_4^{--}$
الحديد (Fe)	$Fe^{++}$
المنجنيز (Mn)	$Mn^{++}$

Zn <sup>++</sup>	الزنك (Zn)
Cu <sup>++</sup>	النحاس (Cu)
BO <sub>3</sub> <sup>--</sup>	البورون (B)
MoO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	الموليبدنيوم (MO)
Cl <sup>-</sup>	الكلور (Cl)

### ميكانيكية امتصاص العناصر بواسطة النباتات الراقية

تتم عملية امتصاص العنصر من المحلول الأرضي وتراكمه داخل الخلية النباتية على خطوتين كما يلي :

**الأولى: الامتصاص البسيط Passive uptake :** ومنه ينتقل العنصر من المحلول الأرضي حيث تركيزه مرتفع إلى داخل الجدار الخلوي حيث تركيزه منخفض نسبياً وتتم هذه العملية دون عائق بطريقة عكسية وتتبع قوانين الانتشار والادمصاص التي يتم فيها انتقال العنصر مع تدرج التركيز مثل عملية النزول من تل مرتفع لا يحتاج إلى طاقة.

وقد أوضحت التجارب أن الأيونات يمكن أن تنتقل من وإلى جزء من النسيج النباتي بطريقة عكسية وبحرية بواسطة الانتشار وأنه يمكن استخلاصها من النسيج النباتي مرة أخرى بعد امتصاصها. والجزء من الخلية التي تتحرك فيه الأيونات عكسياً بواسطة الانتشار أي من التركيز المرتفع إلى التركيز المنخفض يسمى الفراغ الحر Free Space ويتم انتقال الأيونات من المحلول الأرضي إلى الفراغ الحر من الخلية بوسيلتين هما الانتشار Diffusion والادمصاص Adsorption فعند وضع الخلية النباتية في محلول ملحي يبدأ انتقال الأيونات من هذا المحلول حيث تركيزها المرتفع إلى الفراغ الحر حيث تركيزها المنخفض عن طريق الانتشار وتستمر هذه العملية حتى يتساوى تركيز الأيونات داخل وخارج الفراغ الحر فيتوقف الانتشار. ويتم الانتقال حسب تدرج التركيز وبدون أن تبذل الخلية طاقة أو جهداً في العملية (امتصاص بسيط) وعليه يزداد معدل الانتشار كلما زاد تدرج التركيز. ونظراً لوجود شحنات

سالبة على الجدار الخلوى للجذر فمن الممكن أن تدمص الكاتيونات عليه عن طريق قوى الجذب الالكتروستاتيكي (سالب مع موجب) مما يساعد على انتقال الكاتيونات من المحلول إلى داخل الفراغ الحر.

ويحتل الفراغ الحر مساحة محسوسة من نسيج الجذر حيث يشمل الجدر الخلوية لخلايا طبقة البشرة والجدر الخلوية لخلايا طبقة القشرة والمسافات البينية بين خلايا القشرة.

ويمكن تلخيص خصائص الامتصاص البسيط فيما يلي :

- لا يعتمد على النشاط الحيوى للخلية أى لا يحتاج إلى طاقة أو جهد.

- الامتصاص يتم بطريق عكسى.

-- ليس اختياريا.

ومما يؤكد أن الامتصاص البسيط لا يحتاج إلى طاقة أن عمليات الانتشار والامتصاص يمكن أن تتم فى أنسجة النبات الحية أو الأنسجة الميتة سواء بسواء.

**الثانية الامتصاص النشط Active uptake :** هناك بعض الشواهد التى

تؤكد أن عملية تجميع الأيونات تحتاج إلى طاقة وهى :

- يزداد معدل امتصاص الأيونات بازدياد درجة الحرارة فى حدود معينة ويرجع ذلك إلى أن درجة الحرارة تنشط التفاعلات الحيوية فى الخلية..

- يزداد معدل الامتصاص مع زيادة الأكسجين فى الوسط الذى تنمو فيه الجذور مما يؤكد أن الامتصاص يرتبط مع عملية التنفس.

- وجود مواد مثبطة فى وسط النمو - مثل السيانيد أو 2,4 Dinitrophenol أو الزرنيخ

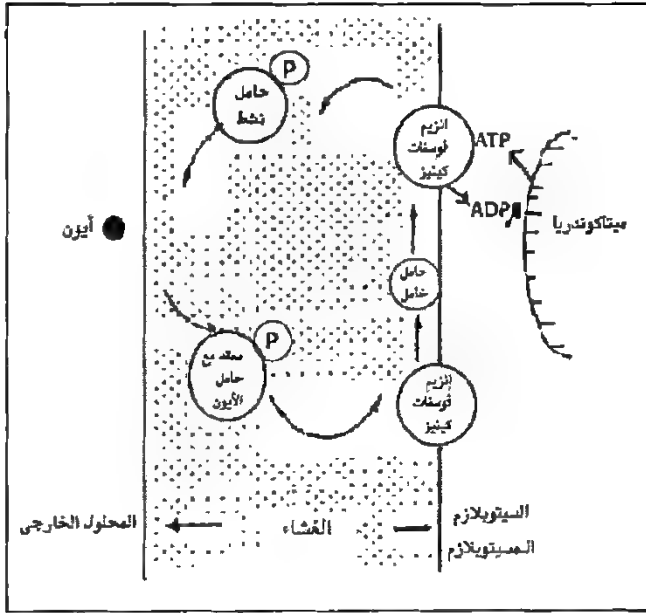
- يوقف عملية امتصاص الأيونات والمعروف عن هذه المواد أنها تثبط بعض العمليات الحيوية فى الخلية وخاصة عملية التنفس.

- يزداد معدل امتصاص العناصر بزيادة محتوى الجذر من المواد الكربوهيدراتية حيث

تعمل هذه المواد كمصدر للطاقة لامتصاص الأيونات خلال عملية التنفس. والدور

الأساسى لعملية التنفس هو تكوين مركب ATP (أدينوزين ثلاثى الفوسفات) من

مركب ADP (أدينوزين ثنائى الفوسفات) والفوسفات غير العضوية.



شكل (٢) ميكانيكية الامتصاص النشط بواسطة جذور النبات

### ميكانيكية الامتصاص النشط بواسطة النباتات الراقية

ويتضح من شكل (٢) أن ميكانيكية الامتصاص النشط يمكن أن تتم بالخطوات التالية:

- تقوم الميتاكوندريا فى السيترولازم بتكوين مركب ATP خلال التنفس.
- تفاعل إنزيم فوسفات كيتينيز الموجود على السطح الداخلى للغشاء مع ATP حيث يتحول إلى ADP + فوسفات غير عضوية.
- تتحد الفوسفات غير العضوية مع الحامل الخامل متحولة إلى حامل نشط (مفسفر).
- يتحرك الحامل النشط خلال الغشاء إلى سطحه الخارجى حيث يقابل الأيون فيرتبط معه مكونا معقدا من الحامل النشط والأيون.
- يتحرك المعقد خلال الغشاء فى اتجاه سطحه الداخلى حيث يقابل إنزيم الفوسفاتيز.

- يقوم إنزيم الفوسفاتيز بفعل أيون الفوسفات غير العضوى من معقد الحامل النشط مع الأيون وبالتالي يتحول الحامل إلى حامل خامل (غير مفسفر) ويفقد قابليته للارتباط بالأيون الذى ينفصل ويتراكم فى الخلية.
- يقوم الحامل الخامل بالاتحاد مع مجموعة فوسفات عن طريق إنزيم فوسفوكينيز ليتحول إلى حامل نشط وبالتالي تتم دورة أخرى كالسابقة وهكذا.

\*\*\*

## أسباب ظهور مشكلة نقص العناصر الغذائية على النباتات الراقية

وقد مارس الانسان الزراعة منذ القدم وكان يعتمد على زراعة الأرض الخصبة لسنة أو لسنتين وبالتالي كانت النباتات تنمو نموا جيدا دون أن تعاني من نقص العناصر المغذية، وكان يهجر قطعة الأرض التي زرعها في العام الماضي إلى قطعة جديدة أخرى وبالتالي كان هذا الأسلوب بعيداً كل البعد عن الزراعة الكثيفة التي نعرفها الآن. وأيضاً لم يمارس التسميد المعروف الآن حتى إذا كانت النباتات تعاني من نقص العناصر لأنه لم يكن يملك الوسائل التي تمكنه من ذلك. ولكن في الآونة

الحديثة ومع زيادة عدد السكان والحاجة الملحة إلى توفير الغذاء لهم اكتسبت الزراعة الحديثة سمات هامة من أبرزها:

- المحاولات الدائمة للحصول على المحصول الأعظم أو أعلى محصول للمساحة المنزرعة

- استمرار الانسان فى السعى لاستنباط أصناف جديدة عالية الإنتاج وتحتاج إلى كميات كبيرة من العناصر الغذائية وبالتالي تستنزف العناصر المتاحة فى التربة المنزرعة بها.

- اضطرار الانسان إلى اتباع الزراعة الكثيفة عن طريق زراعة نفس قطعة الأرض بصفة دائمة وأكثر من مرة فى السنة وأحياناً بمحصولين أو أكثر فى نفس الوقت بتحميل زراعة المحاصيل على بعضها، هذا بالإضافة إلى زيادة أعداد النباتات النامية فى نفس المساحة.

ونتيجة لما سبق واتباع الإنسان أسلوب التكتيف الزراعى على مر السنين أدى ذلك إلى استنزاف كميات كبيرة من العناصر الغذائية فى الأراضى المنزرعة.

وبالتالى بدأت تظهر على النباتات أمراض سوء التغذية ويقال على النبات : إنه يعانى من الجوع. والنبات كأي كائن حى يحتاج إلى سد احتياجاته من المواد الغذائية وبالتالي فإن النبات فى حالات النقص هذه يحتاج إلى علاج ينحصر فى إمداد النبات بما يحتاجه من عناصر غذائية يجب أن تضاف بالكميات الكافية وبالصورة المناسبة.

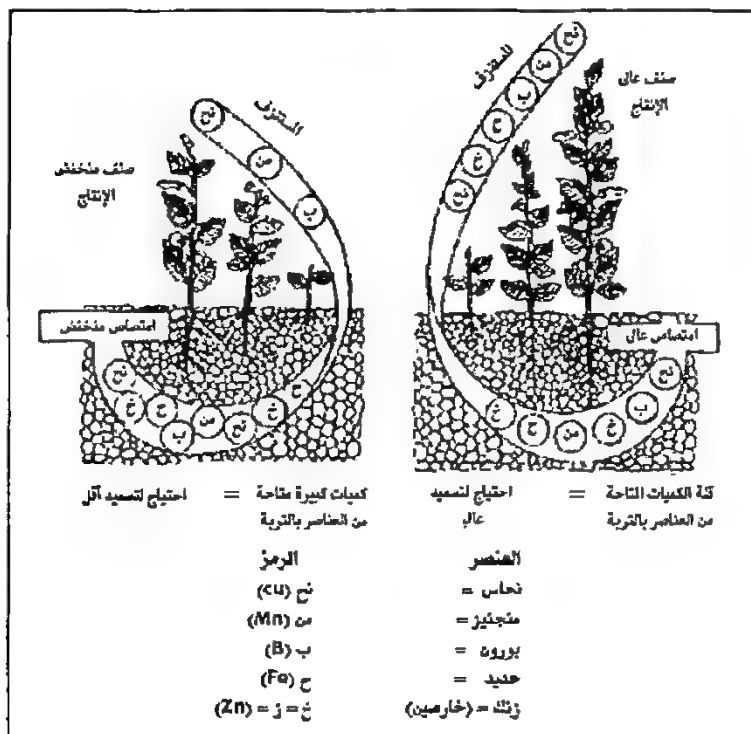
ويراعى أن تكون مكونات الغذاء فى بيئة نمو النبات فى حالة متوازنة مع بعضها بمعنى أنه إذا حدث نقص فى عنصر واحد بالرغم من توفر باقى العناصر المغذية بكميات ميسرة كافية فإن ذلك يؤدي إلى نقص المحصول، وبالتالي يكون العنصر الناقص هو العنصر المحدد للإنتاج. كما يلاحظ أن المحصول لا يزيد بزيادة التسميد بالعناصر الكبرى أو الصغرى مادام هناك عنصر محدد للإنتاج. والشكل (٤) يوضح تحكم العنصر الناقص فى كمية الإنتاج حيث يصبح هذا العنصر العامل المحدد للحصول على أعلى إنتاج.

ونظراً لما سبق فإن الزراعة الكثيفة أدت إلى استنزاف العناصر من التربة وبالتالي ازداد الطلب فى الآونة الأخيرة على تعويض هذا النقص من العناصر عن طريق





نقص العناصر على النباتات خصوصا العناصر المغذية الصغرى مثل الحديد والمنجنيز والزنك، ويوضح الشكل (٥) أن الأصناف عالية الإنتاج تستنزف كميات كبيرة من المخزون الطبيعي للعناصر المغذية من التربة.



شكل (٥): تأثير زراعة الأصناف عالية الإنتاج على المخزون الطبيعي للتربة من العناصر المغذية المختلفة.

- زيادة استخدام أسمدة العناصر الكبرى أدى إلى زيادة النمو وظهور الاحتياج إلى إضافة أسمدة المغذيات الصغرى والتي لم يكن شائعا إضافتها من قبل.
- عدم الاهتمام بإضافة الأسمدة العضوية والسماد الأخضر والتي تعتبر أحد المصادر الهامة للعناصر الغذائية للنبات.

- أصبحت الأسمدة النيتروجينية والفسفاتية التى يتم إنتاجها على درجة عالية من النقاوة فلم تعد تحتوى على ما كان بها سابقا من عناصر المغذيات الصغرى.

- تطور طرق اختبارات التربة وتحليل النبات فأصبحت من الدقة بحيث يمكن اكتشاف نقص العناصر الغذائية.

إلا أن هناك بعض العوامل الأخرى التى ترتبط بظروف الأراضى المصرية والتى من أهمها:

- ارتفاع رقم حموضة التربة (رقم الـ PH) مما يؤدى إلى عدم تيسر العناصر الغذائية بها.

- ارتفاع نسبة كربونات الكالسيوم بالأراضى المصرية مما أدى إلى تثبيت الكثير من العناصر مثل الفوسفور والعناصر الغذائية الصغرى وخصوصا فى الأراضى الجيرية.

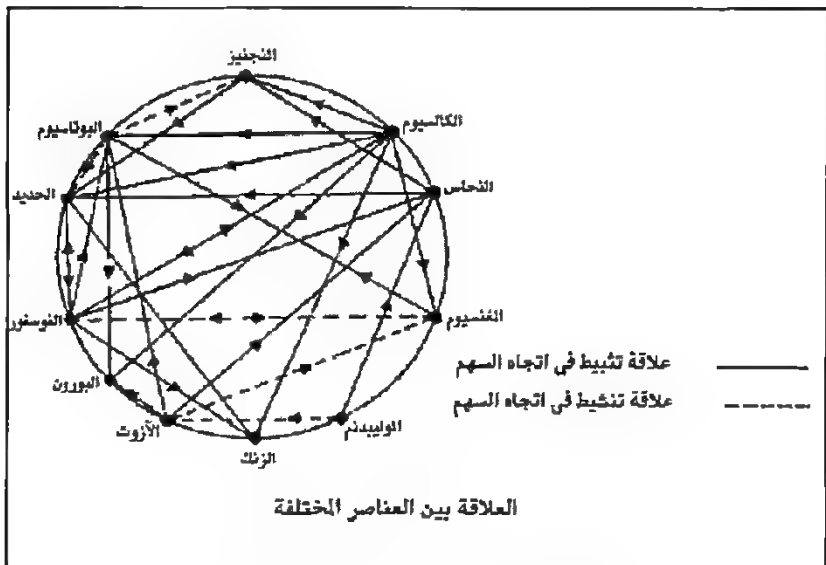
- تقع أراضى الاستصلاح الجديدة ضمن الأراضى الصحراوية الفقيرة فى محتواها من العناصر الغذائية والتى تندرج تحت الأراضى قليلة الخصوبة.

- حجز طمى النيل خلف السد العالى أدى إلى حرمان أراضى الوادى والدلتا من مصدر هام غنى بالعناصر الغذائية.

### التوازن الغذائى والعلاقة بين العناصر

ومن التجارب العديدة التى أجراها العاملون فى مجال تغذية النبات والدراسات الحديثة أصبح مفهوم التغذية السليمة لا يعتمد فقط على توفير كل عنصر على حدة وإنما على إضافة العناصر الغذائية بنسب متوازنة حسب احتياج المحصول المنزرع، وهذا المفهوم أدى إلى تغيير الأسلوب المتبع فى تحديد الاحتياجات السمادية لأى محصول ويجب إدخال كل العناصر الكبرى والصغرى فى الاعتبار ودراستها معا فى كل حالة مع وضع العوامل المؤثرة على استفادة النبات منها أيضا فى الاعتبار.

والشكل (٦) يوضح العلاقة بين العناصر الغذائية المختلفة حيث يوضح الخط المتقطع علاقة تنشيط فى اتجاه السهم، بينما يوضح الخط المتصل علاقة تثبيط فى اتجاه السهم.



شكل (٦): العلاقة بين العناصر المغذية المختلفة.

## الباب الثالث

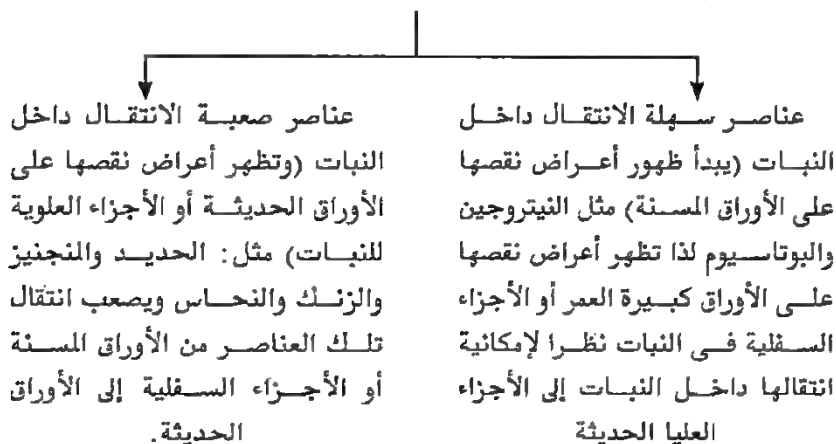
### حالات نقص العناصر الغذائية

### في النباتات الراقية

يلاحظ وجود بعض الحالات التي تظهر عليها نقص العناصر الغذائية تتلخص فيما يلي :

- ظهور أعراض نقص ظاهرية على النبات وهو ما يعرف بالنقص الواضح.
  - نقص مستتر بدون ظهور أعراض نقص على النبات.
  - نقص مفرد نتيجة نقص عنصر واحد.
  - نقص مركب نتيجة نقص أكثر من عنصر.
  - نقص حقيقى نتيجة فقر التربة فى هذا العنصر وقلة كميته بها.
  - نقص غير حقيقى ويحدث فى الحالات التالية :
- (أ) نتيجة وجود العنصر فى التربة فى صورة غير ميسرة لامتصاص النبات بالرغم من توفر الكمية الكلية بالقدر الكافى.
- (ب) عدم فاعلية العنصر فى النبات نتيجة تثبيته.
- (ج) نتيجة تأثير عنصر على آخر وهو ما يعرف بالتداخل بين العناصر.
- (د) نتيجة وجود عوامل بيئية.
- ومما سبق تتأكد أهمية معرفة الحالة المسببة لنقص العناصر وذلك لاقتراح طريقة العلاج المناسبة والتي باتباعها يمكن التخلص من الحالة ، وهناك بعض النقاط التي يجب أن يلم بها القارئ وهى :
- فى حالة النقص الظاهرى : تبدأ أعراض نقص العنصر فى الظهور على النبات عندما يصل نقص العنصر إلى درجة تؤثر على نمو النبات وبالتالي كمية المحصول الناتجة منه .

- أما فى حالة النقص المستتر: حيث لا تظهر على النبات أعراض نقص ظاهرية وبالتالى لا يمكن اكتشافها إلا عن طريق التحليل الكيميائى لأنسجة النبات.
- موضع ظهور الأعراض الأولى لنقص العنصر على النبات يختلف باختلاف قابلية العنصر للحركة أو الانتقال داخل النبات إلى الأجزاء التى تحتاج العنصر وهى غالبا الأوراق الصغيرة.
- وتقسم العناصر تبعا لقابليتها للحركة والانتقال داخل أجزاء النبات إلى



- ويجب الأخذ فى الاعتبار تأثير طبيعة نمو النبات وكذلك حجمه فى الشكل الظاهرى لأعراض النقص وكذلك أولوية ظهوره، فتختلف الأشجار الكبيرة عن النباتات العشبية، كما تختلف النباتات ذات الفلقة الواحدة عن النباتات ذات الفلقتين. ويلاحظ أن نمو النباتات يتأثر بدرجات مختلفة باختلاف نوع العنصر الناقص.
- وسوف يتم استعراض الأعراض الظاهرية لنقص العناصر الغذائية والتى تم توضيحها بالصور الملونة على بعض نباتات المحاصيل الحقلية والخضر والفاكهة. ولكن يجب أن يعلم القارئ أن أعراض نقص عنصر ما لا تعنى احتياج النبات لهذا العنصر فقط. بل قد يكون هناك نقص مستتر لعنصر آخر أو يكون ظهور أعراض نقص هذا العنصر راجعا إلى عدم الاتزان بين العناصر نتيجة زيادة كبيرة فى عنصر آخر.

ويوضح الجدول (٦) درجات ظهور أعراض نقص العناصر في مناطق مختلفة من مصر.

جدول (٦): ظهور أعراض نقص العناصر الصغرى على الموالح في المناطق المختلفة

المنطقة	الوادي	الدلتا	الصحراء الغربية	الصحراء الشرقية
الموقع	أسيوط	القليوبية	شمال التحرير	الاسماعيلية
الحديد	+	+	+	+
المنجنيز	+++	++	++	++
الزنك	++	++	+++	+++
النحاس	-	-	-	+

- لا توجد أعراض نقص

، + ، ++ ، +++ زيادة درجات النقص

ويوضح الجدول (٧) حساسية بعض محاصيل الخضر والفاكهة لعناصر المغذيات الصغرى

المحصول	العناصر الصغرى التي يحتاجها بمعدل أكثر
الفراولة	حديد - زنك
الفاصوليا	منجنيز
البطاطس	منجنيز
البسلة	حديد
الموالح	زنك - منجنيز - حديد
العنب	زنك - منجنيز - حديد
الكمثرى	حديد
الجوافة	حديد
الخوخ	زنك - حديد
المانجو	زنك - منجنيز - حديد

جدول (٨): حساسية بعض المحاصيل الاقتصادية لنقص العناصر الصغرى عندما تنمو تحت نفس الظروف - من مصادر مختلفة ومعدلة طبقا لنتائج مشروع «العناصر المغذية الصغرى ومشاكل «تغذية النبات فى مصر» .

المحصول	الزنك	المنجنيز	الحديد	النحاس
الموالح	٣	٣	٣	٣
متساقطات الأوراق	٣	-	٣	-
العنب	٣	٣	٣	-
القطن	٢	-	٢	٢
القمح	٢	٣	٢	٣
الذرة	٣	-	٢	٢
الفول البلدى	٣	٣	٣	-
فول الصويا	٣	٣	٣	١
الفول السودانى	٢	-	٣	-
البطاطس	٢	٢	-	١
الطماطم	٢	٢	-	-
الفاصوليا	٣	٣	٣	١
البصل	٣	-	-	-
البنجر	٢	٣	١	٢

(١) حساسية قليلة

(٢) حساسية متوسطة

(٣) حساسية شديدة

(-) غير محدد بعد



## الباب الرابع

### العناصر الضرورية للنباتات الراقية

#### Essential Elementes For Higher Plants

هناك ستة عشر عنصراً ضرورياً لنمو النبات حيث تقسم هذه العناصر حسب الكمية التي تحتاجها النبات إلى مجموعتين وهي:

– مجموعة العناصر الغذائية الكبرى Macronutrients: وهي العناصر التي تحتاجها النباتات بكميات كبيرة.

– مجموعة العناصر الغذائية الصغرى Micronutrients: وهي العناصر التي تحتاجها النباتات بكميات صغيرة.

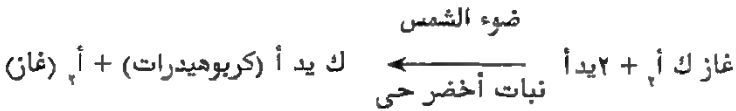
#### ● ويوضح الجدول التالي تلك العناصر:

\* هذه العناصر من عناصر المغذيات الكبرى ولكن ما يطلق عليها العناصر الثانوية حيث يحتاجها النبات بكميات أقل وقليلاً ما يشكو من نقصها تحت ظروفنا في مصر.

العناصر الغذائية الصغرى	العناصر الغذائية الكبرى
البورون (B)	الكربون (C)
الكلورين (Cl)	الهيدروجين (H)
النحاس (Cu)	الأكسجين (O)
الحديد (Fe)	الكالسيوم (Ca) *
المنجنيز (Mn)	المغنسيوم (Mg) *
الموليبدنيوم (Mo)	النيتروجين (N)

الفوسفور (P)	الزنك (Zn)
البوتاسيوم (K)	
الكبريت (S) *	

العناصر الثلاثة الغذائية الأولى الكربون (C) والهيدروجين (H) والأكسجين (O) تتحد في عملية يطلق عليها التمثيل الضوئي (photosynthesis) وتحدث هذه العملية في النباتات الخضراء عندما يتعرض الكلوروفيل للضوء حيث ينقسم جزيء الماء، ويتحد بروتون الهيدروجين (H) مع جزيء ثاني أكسيد الكربون (CO<sub>2</sub>) ويكون صورة كربوهيدرات وينطلق جزيء الأكسجين (O<sub>2</sub>) كما يتضح من المعادلة الآتية:



وتحصل النباتات على الماء عن طريق الامتصاص بواسطة الجذور بينما تمتص ثاني أكسيد الكربون بواسطة الانتشار Diffusion خلال الثغور Stomata على الورقة، ومن الجدير بالذكر أن عملية التمثيل الضوئي تتأثر بدرجة كبيرة بكمية الماء الميسر للنبات والحالة الغذائية للنبات.

العناصر الثلاثة عشر الأخرى الضرورية للنبات تدخل إلى داخل النبات من خلال امتصاص الجذور على صورة أيونات ذائبة في المحلول الأرضي Soil Solution ومن الجدير بالذكر أن نيتروجين الهواء الجوي الموجود على صورة جزيء غازي يمكن أن يثبت بواسطة بعض أنواع البكتيريا التي تعيش معيشة تكافلية Living Symbiotically في جذور النباتات البقولية Leguminous حيث تمد النبات بكل ما يحتاج إليه من عنصر النيتروجين أو جزء منها. وغالبا ما تعتمد على إضافة الأسمدة الكيماوية النيتروجينية لسد احتياجات المحاصيل من النيتروجين.

ويوضح الجدول رقم (٩) الصور التي يمتص بها النبات العناصر الغذائية الضرورية له ووظيفة كل منها داخل النبات.

يوضح الجدول العناصر الضرورية للنبات والصور التي تمتص عليها ووظيفة كل منها داخل النبات (المصدر Mengel & Kirkby, 1987).

العناصر الضرورية	الصورة التي تمتص عليها	الوظائف داخل النبات
كربون (C) وهيدروجين (H) وأكسجين (O) ونيتروجين (N) وكبريت (S)	(أ) أيونات في المحلول: بيكربونات $\text{HCO}_3^-$ نترات $\text{NO}_3^-$ ، أمونيوم $\text{NH}_4^+$ ، كبريتات $\text{SO}_4^{2-}$ (ب) أو على صورة غازات من الهواء الجوى: الأكسجين $\text{O}_2$ ، نيتروجين $\text{N}_2$ ، ثاني أكسيد الكبريت $\text{SO}_2$ .	عناصر أساسية لتكوين المادة العضوية وتدخل في العمليات الأنزيمية والتمثيل الضوئي.
الفوسفور (P) والبورون (B)	أيونات في المحلول $\text{PO}_4^{3-}$ ، $\text{BO}_3^{3-}$	تفاعلات نقل الطاقة وحركة المركبات الكربوهيدراتية داخل النبات.
بوتاسيوم (K) ومغنسيوم (Mg) وكالسيوم (Ca) وكلورين (Cl)	أيونات في المحلول $\text{K}^+$ ، $\text{Cl}^-$ ، $\text{Ca}^{2+}$ ، $\text{Mg}^{2+}$	وظائف غير تخصصية أو مكونات متخصصة في المركبات العضوية أو تحافظ على الإتزان الأيوني.
النحاس (Cu) والحديد (Fe) المنجنيز (Mn) والموليبدينوم (Mo) والزنك (Zn)	أيونات أو مخلبيات في المحلول $\text{Cu}^{+2}$ ، $\text{Fe}^{+2}$ ، $\text{Mn}^{+2}$ ، $\text{MoO}_4^{2-}$ ، $\text{Zn}^{+2}$	القدرة على نقل الإلكترونات وعوامل مساعدة للأنزيمات.

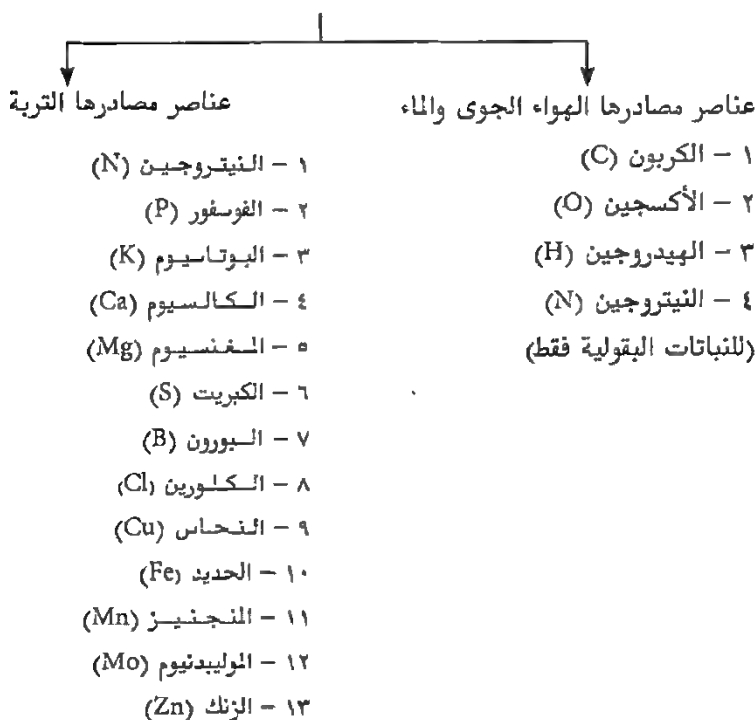
والاختلاف الوحيد في تقسيم العناصر إلى عناصر غذائية كبرى Macronutrients وعناصر غذائية صغرى Micronutrients يرجع إلى التركيز المطلوب لسد احتياجات النبات حيث إن التركيز الذى تحتاجه النباتات من العناصر الغذائية الكبرى يتراوح من ١٠ إلى ٥٠٠٠ مرة قدر العناصر الغذائية الصغرى. ويوضح جدول (١٠) التركيزات المتوسطة للعناصر المعدنية فى المادة الجافة للنبات والتي تكون كافية للنمو المناسب له. جدول (١٠) التركيزات المتوسطة للعناصر الغذائية فى المادة الجافة للنبات والكافية للنمو المناسب له (المصدر Epstein, 1965).

العنصر	الرمز	ميكرومول / جم مادة جافة	مجم / كجم (جزء فى المليون) PPm	%	العدد النسبى للذرات
موليبدنيوم	Mo	١,٠٠١	٠,١	—	١
نحاس	Cu	٠,١٠	٦	—	١٠٠
زنك	Zn	٠,٣٠	٢٠	—	٣٠٠
منجنيز	Mn	١,٠	٥٠	—	١٠٠٠
حديد	Fe	٢,٠	١٠٠	—	٢٠٠٠
بورون	B	٢,٠	٢٠	—	٢٠٠٠
كلورين	Cl	٣,٠	١٠٠	—	٣٠٠٠
كبريت	S	٣٠	—	٠,١	٣٠٠٠٠
فوسفور	P	٦٠	—	٠,٢	٦٠٠٠٠
مغنسيوم	Mg	٨٠	—	٠,٢	٨٠٠٠٠
كالسيوم	Ca	١٢٥	—	٠,٥	١٢٥٠٠٠
بوتاسيوم	K	٢٥٠	—	١,٠	٢٥٠٠٠٠
نيتروجين	N	١٠٠٠	—	١,٥	١٠٠٠٠٠٠

## تقسيم العناصر الغذائية الضرورية للنباتات الراقية حسب مصادرها

تختلف مصادر تلك العناصر الغذائية الضرورية لتغذية النبات وهي الهواء الجوى والماء والتربة ويمكن تقسيم العناصر حسب مصادرها كما يلي :

### العناصر الغذائية الضرورية لنمو النبات



### ● نبذة تاريخية عن اكتشاف ضرورية العناصر للنباتات الراقية:

فى عام ١٨٦٠ أعلن ثلاثة من الباحثين هم Knop & Von Sachs & De Saussure من خلال دراستهم ضرورة عناصر الكالسيوم والحديد والمغنسيوم والنيتروجين والفوسفور والكبريت لنمو النبات.

وفى عام ١٩٢٢ اكتشفت أهمية عنصر المنجنيز بينما تمت إضافة عنصرى البورون والزنك إلى قائمة العناصر الضرورية فى عام ١٩٢٦ أما عنصر النحاس فقد أضيف إلى القائمة فى عام ١٩٣١. وفى عام ١٩٣٩ اكتشفت أهمية عنصر الموليبدنيوم وأخيراً فى عام ١٩٥٤ تم اكتشاف ضرورة عنصر الكلورين. ويرجع السبب فى اكتشاف أهمية وضرة العناصر الصغرى السابقة إلى التقدم فى وسائل البحث العلمى والدقة فى طرق وأجهزة التحليل الكيميائى، بالإضافة إلى ذلك فإن تطور وسائل تنقية الأملاح الكيميائية التى تدخل فى صناعة المحاليل المغذية من العنصر أو العناصر المراد دراستها ساعدت على زراعة وإنماء النباتات فى مزارع صناعية مغذية خالية تماماً من العنصر المراد دراسته وبالتالي يُعرف هل هو عنصر أساسى فى حياة النبات أو لا. ويعطى جدول (١١) ملخصاً عن الحقائق التاريخية التى توضح اكتشاف العناصر الضرورية للنبات.

جدول (١١) أسماء مكتشفى العناصر وأسماء مكتشفى ضرورتها للنبات

(المصدر: Glass, 1989)

العنصر	اسم مكتشف العنصر	السنة	اسم مكتشف ضرورة العنصر للنبات	السنة
الكربون	** *	** *	DeSaussure	١٨٠٤
الهيدروجين	Cavendish	١٧٦٦	DeSaussure	١٨٠٤
الأكسجين	Priestley	١٧٧٤	DeSaussure	١٨٠٤
النيتروجين	Rutherford	١٧٧٢	DeSaussure	١٨٠٤
الفوسفور	Brand	١٧٧٢	Ville	١٨٦٠
الكبريت	** *	** *	Von Sachs, Knop	١٨٦٥

١٨٦٠	Von Sachs, Knop	١٨٠٧	Davy	البوتاسيوم
١٨٦٠	Von Sachs, Knop	١٨٠٧	Davy	الكالسيوم
١٨٦٠	Von Sachs, Knop	١٨٠٨	Davy	المغنسيوم
١٨٦٠	Von Sachs, Knop	**	**	الحديد
١٩٢٢	Mc Hargue	١٧٧٤	Scheele	المنجنيز
١٩٣١	Sommer, Lipman & Mackinnan	**	**	الفحاس
١٩٢٦	Sommer, Lipman	**	**	الزنك
١٩٣٩	Arnon & Stout	١٧٨٢	Hzelm	الموليبدنيوم
١٩٢٦	Sommer, Lipman	١٨٠٨	Gay Lussac & Thenard	البورون
١٩٥٤	.Broyer et al	١٧٧٤	Scheel	الكلورين

\*\* عنصر معروف من قديم الزمن.

### ● الشروط الواجب توفرها في العنصر الضروري للنباتات الراقية:

- حدد أرنون وستوت Arnon and Stout الشروط الواجب توفرها في العنصر الغذائي حتى يصبح ضروريا لحياة النبات كما يلي:
- تحتاجه جميع النباتات الراقية ويؤدي غياب العنصر إلى نمو النبات نموا غير طبيعي أو موت النبات ولا يستطيع النبات أن يكمل دورة حياته بدونه.
  - أن تكون له وظيفة متخصصة داخل النبات ولا يمكن أن يحل محله عنصر آخر.

- يجب أن يكون له دور مباشر على النمو أو العمليات الحيوية داخل النبات وليس دورا ثانويا.

- تظهر على النباتات أعراض مرضية في غيابه تزول عند إضافته في وقت مناسب إلى بيئة النمو.

وبالرغم من الجهود الكبيرة التي بذلت من قبل العلماء من مختلف أنحاء العالم حتى يمكن الإضافة إلى قائمة الستة عشر عنصراً الغذائية الضرورية للنبات إلا إنه منذ عام ١٩٥٤ لم يضاف إليها أى عنصر. وبالرغم من أن عناصر النيكل (Ni) والسيليكون (Si) والفاناديوم (V) على الترتيب قد جذبت الانتباه مؤخراً للعديد من الباحثين حيث أعلن بعضهم مثل (Takahashi & Miyak, 1977) أن السيليكون (Si) عنصر ضرورى وكذلك أعلن (Brown et. al., 1987) أن النيكل (Ni) عنصر ضرورى للنبات.

وقد وجد الباحثون أن هناك عدداً من العناصر الأخرى تستطيع أن تؤثر على نمو النبات وحيويته بالرغم من عدم انطباق شروط العناصر الضرورية السابق ذكرها عليها إلا إنه قد وجد لها وظائف داخل النبات مشابهة للعناصر الضرورية وقد تم تصنيفها على أنها عناصر مفيدة للنبات وذكر (Marschner, 1986) تلك العناصر على النحو التالى:

- عنصر الصوديوم (Na)

- السيليكون (Si)

- الكوبلت (Co)

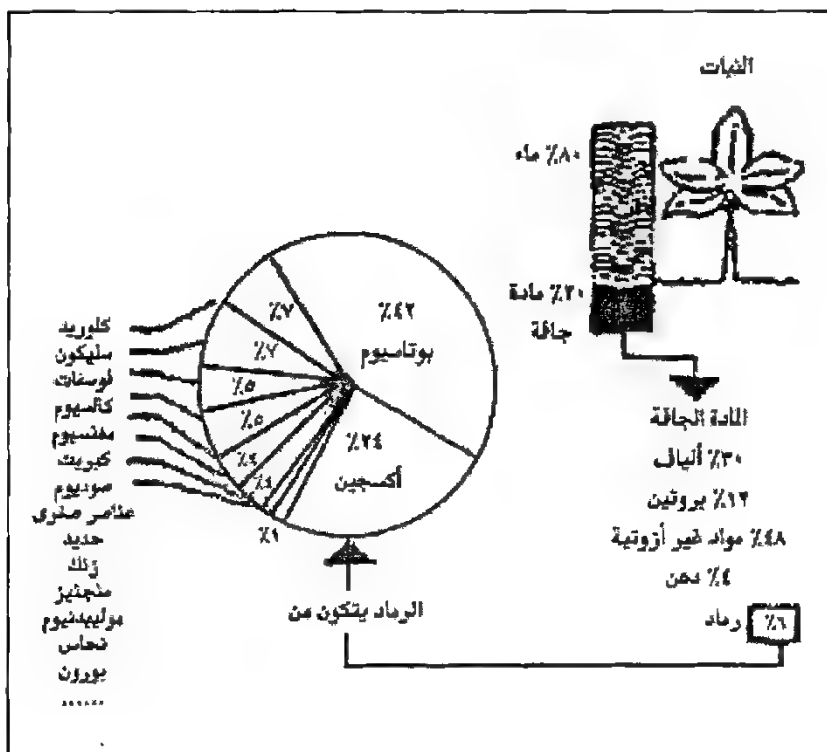
- النيكل (Ni)

- السيلينيوم (Se)

- الألومنيوم (Al)

وفي عام ١٩٨٤ أعلن Basiouny أن عنصر الفاناديوم (V) مفيد أيضاً للنبات. ويوضح الشكل (٧) محتوى النباتات الراقية من العناصر المختلفة.



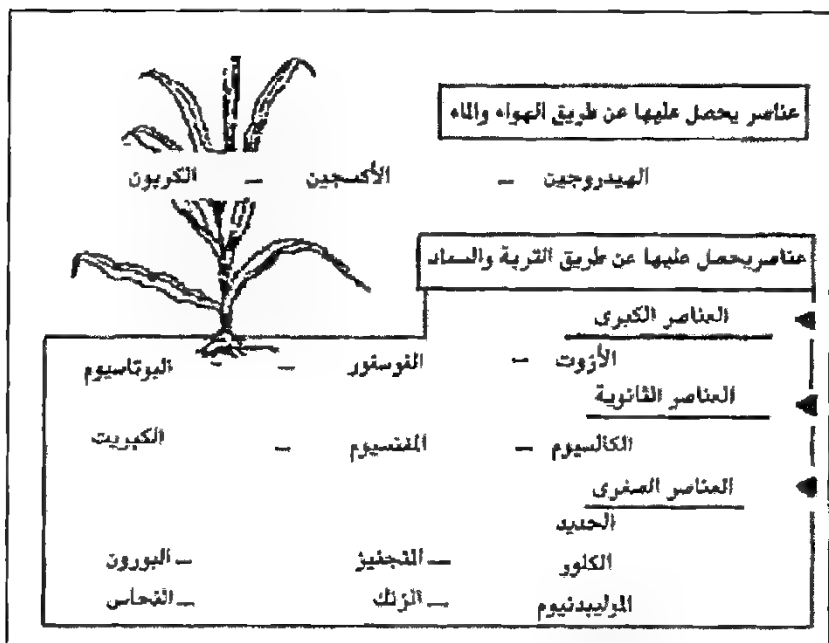


شكل (٧) مكونات النبات ومحتواه من العناصر المختلفة.

كما يوضح الشكل (٨): العناصر الضرورية لنمو النباتات الراقية ومصادر حصولها عليها.

ويمكن للنبات إنتاج غذائه عن طريق استخدام العناصر من الهواء والماء والتربة تحت الظروف الطبيعية وبالتالي ينتج المواد الكربوهيدراتية والبروتينات والدهون والزيوت وغيرها.

وسوف نناقش العناصر الغذائية الضرورية للنبات بالتفصيل فيما عدا عناصر الكربون (C) والهيدروجين (H) والأكسجين (O).



شكل (٨) العناصر الضرورية لنمو النبات ومصادر حصوله عليها

## عنصر النيتروجين (N - Nitrogen)

### ● مدى احتياج النبات له ووظائفه Requirement & Functions:

إن عنصر النيتروجين من العناصر الغذائية الكبرى Macronutrients ويوجد في النبات على الصورتين المعدنية Inorganic والعضوية Organic ويتحد النيتروجين مع عناصر الكربون (C) والهيدروجين (H) والأكسجين (O) والكبريت (S) ليكون ما يلي:

- الأحماض الأمينية Amino acids
- الجزء الأميني في الإنزيم Amino enzymes
- الأحماض النووية Nucleic acids
- جزئ الكلوروفيل Chlorophyll

– القلويدات Alkaloids

– القواعد البورينية Purine bases

والنيتروجين المعدنى الذى يمتصه النبات على صورة نترات ( $\text{NO}_3^-$ ) يمكن أن يتحول داخل النبات إلى بروتينات ذات أوزان جزيئية عالية.

### ● محتوى النباتات الراقية من النيتروجين plant content:

يمثل عنصر النيتروجين نسبة من المادة الجافة تتراوح ما بين ١,٥٪ إلى ٦٪ فى العديد من المحاصيل وتعتبر النسبة المثوية لتركيز النيتروجين فى أنسجة الورقة والتي تتراوح ما بين ٢,٥٪ إلى ٣,٥٪ هى قيمة الكفاية منه.

ويلاحظ أن المدى المنخفض من النيتروجين يتراوح ما بين ١,٨٪ إلى ٢,٢٪. أما المدى العالى منه فيوجد فى المحاصيل البقولية ويتراوح ما بين ٤,٨٪ إلى ٥,٥٪.

### ● والقيم الحرجة Critical values تختلف تبعا لما يلى:

– نوع المحلول.

– مرحلة النمو

– الجزء النباتى.

وعادة ما تحتوى الأوراق الحديثة على أعلى التركيزات من النيتروجين بينما يقل المحتوى الكلى مع التقدم فى عمر النبات ويختلف أيضا التركيز باختلاف الجزء النباتى المأخوذ للتحليل. وقد لوحظ أن النيتروجين النتراتى يتجمع بتركيزات أكبر من ١٠٠٠ جزء فى المليون من خلال موسم النمو فى الأنسجة الموصلة مثل السيقان وأعناق الأوراق. كما وجد أن النباتات التى سمدت بالأمونىوم كانت عادة أعلى فى محتواها من النيتروجين المقدر بطريقة Kjeldahl عن تلك النباتات التى تم إمدادها بالنيتروجين على صورة النترات الميسر لامتصاص النبات وتحتوى المحاصيل العالية الإنتاجية من ٥٠ إلى ٥٠٠ رطل نيتروجين/ إكر (من ٥٦ إلى ٥٦٠ كجم نيتروجين/ هكتار).

## ● علاقة عنصر النيتروجين ببعض العناصر الأخرى: (التفاعلات) Interactions:

لوحظ حدوث التفاعلات بين عنصر النيتروجين والعناصر الأخرى يمكن تلخيصها فيما يلى:

- هناك علاقة بين النيتروجين وكل من الفوسفور والبوتاسيوم وعادة ما تستخدم النسبة بين النيتروجين والفوسفور وكذلك النسبة بين النيتروجين والبوتاسيوم فى وصف الحالة الغذائية لتلك العناصر داخل النبات.
- امتصاص النترات يشجع من امتصاص الكاتيونات.
- أنيونات الكلورين ( $Cl^-$ ) والهيدروكسيل ( $OH^-$ ) تقلل من امتصاص النترات.
- يزيد المحتوى العالى من الكربوهيدرات فى أنسجة النباتات من امتصاص كاتيون الأمونيوم ( $NH_4^+$ ).
- امتصاص كاتيون الأمونيوم يقلل من امتصاص الكاتيونات الأخرى ويؤدى على سبيل المثال إلى نقص عنصر الكالسيوم وكذلك انخفاض عنصر البوتاسيوم فى النبات.

## ● الصور الذائبة فى النبات Soluble forms:

تختلف تركيز الصورة الذائبة من النيتروجين داخل النبات تبعاً لمرحلة النمو كالتالى:

- فى مرحلة النمو المبكرة يوجد النيتروجين على صورة أنيونات النترات الذائبة فى الساق الرئيسية وأعناق الأوراق حيث يتراوح التركيز من ٨٠٠٠ إلى ١٢٠٠٠ جزء فى المليون Ppm.
- فى منتصف موسم النمو ينخفض تركيز النترات إلى المدى الذى يتراوح من ٣٠٠٠ إلى ٨٠٠٠ جزء فى المليون حيث يكون أكثر تركيزاً فى قاعدة الساق الرئيسى وفى أعناق الأوراق الحديثة كاملة النضج. ومن المؤكد أيضاً أن الأحماض الأمينية الذائبة توجد أيضاً داخل النبات.

## ● أعراض نقص النيتروجين على النباتات الراقية Deficiency symptoms: (انظر ملزمة الألوان)

- تتلخص أعراض نقص عنصر النيتروجين على النبات فى النقاط التالية :
- ظهور الأوراق باللون الأخضر الفاتح حتى تصبح صفراء اللون.
- النباتات تكون بطيئة النمو جدا وضعيفة.
- يظهر الاصفرار على الأوراق المسنة أولا حيث إن عنصر النيتروجين يتحرك من الأنسجة المسنة لينتقل إلى الأجزاء حديثة النمو.
- نقص النيتروجين يؤدي إلى النضج المبكر للمحصول وانخفاض جودته quality.

## ● أعراض زيادة عنصر النيتروجين على النباتات الراقية Symptoms of excess

- عند زيادة إمداد النبات بعنصر النيتروجين فإن ذلك يؤدي إلى تكوين البروتين ويشجع ذلك على تكوين أوراق ذات سطوح كبيرة تقوم بتمثيل المواد الكربوهيدراتية اللازمة لتمثيل البروتين وتكوين الأوراق الكبيرة. فإذا زادت كمية النيتروجين كثيرا عن حاجة النبات فقد يسبب هذا نقصا فى امتصاص عناصر أخرى مثل الفوسفور. كذلك تؤدي الزيادة المفرطة للنيتروجين فى وسط النمو إلى زيادة فى كمية البروتوبلازم بالنسبة إلى جدران الخلايا الأمر الذى ينتج عنه ما يلى :
- دقة جدر هذه الخلايا مما يجعل الأوراق أقل صلابة بالمقارنة بالأوراق طبيعية النمو.
- زيادة نسبة الماء فى الخلايا وانخفاض نسبة الكالسيوم.
- زيادة البروتوبلازم تجعل الأوراق عصرية تتعرض لتقلبات الجو غير الملائمة كالجفاف والصقيع. كذلك تصبح الأوراق أشد تعرضا للإصابة الحشرية والفطرية.
- كذلك يعتقد البعض فى وجود علاقة بين كميات النيتروجين فى النباتات وميعاد التزهير لهذه النباتات.

وتقسم النباتات بالنسبة لتأثير ميعاد الإزهار بزيادة إمدادها بالنيتروجين إلى :

(أ) نباتات سالبة بالنيتروجين: مثل القمح والشعير والسبانخ: وهذه تبكر فى التزهير عند عدم تسميدها بالنيتروجين أو عند إعطائها النيتروجين بكميات قليلة ويتأخر تزهيرها كثيرا إذا سمدت بكميات كبيرة منه.

(ب) نباتات موجبة بالنيتروجين: مثل القطن والذرة وهذه تبكر فى تزهيرها إذا سمدت بكميات متوسطة من النيتروجين.

(ج) نباتات محايدة: لا يتأثر ميعاد تزهيرها بأية كميات تعطى لها من النيتروجين ومن ضمنها فول الصويا وأغلب البقوليات.

### ● صور النيتروجين الميسرة للنبات فى التربة Available soil forms:

يوجد النيتروجين الميسر للنبات فى التربة على صورتين إما على صورة أنيون النترات ( $\text{NO}_3^-$ ) وإما على صورة كاتيون الأمونيوم ( $\text{NH}_4^+$ )، ويتوقف امتصاص أى من الصورتين على بعض العوامل منها:

– رقم حموضة التربة (PH).

– درجة الحرارة.

– وجود الأيونات الأخرى فى المحلول الأرضى.

ومن الجدير بالذكر أن كاتيون الأمونيوم ( $\text{NH}_4^+$ ) من الكاتيونات المتبادلة فى التربة. كما أنه تحت الظروف اللاهوائية يوجد أنيون النتريت ( $\text{NO}_2^-$ ) فى المحلول الأرضى وهو سام للنباتات حتى عند المستويات المنخفضة (أقل من 5 فى المليون).

### عنصر الفوسفور (P) Phosphorus:

#### ● مدى احتياج النبات له ووظائفه Requirement & Functions:

إن عنصر الفوسفور من العناصر الغذائية الكبرى Macronutrient ويوجد فى المركبات الآتية داخل النبات.

– مكون فى الإنزيمات المتخصصة والبروتينات Certain Enzymes and Proteins.

– يدخل فى تركيب أدينوزين تراى فوسفات (ATP) Adenosine Tri-phosphate كما يوجد أيضا الفوسفور فى النبات كأحد مكونات الأحماض النووية والفوسفوليبيدات (Phospholipids)، والقرين الإنزيمى (AND)، والقرين الإنزيمى (NADP).

– يدخل الفوسفور فى تركيب أحماض الريبونوكليك (RNA) Ribonucleic Acids وكذلك أحماض الدي أوكسى ريبونوكليك (DNA) Deoxyribonucleic Acids.

- ومركب ATP يكون له أهمية فى التفاعلات المختلفة لنقل الطاقة ، كما أن مركبات (RNA) و (DNA) لها أهمية خاصة فى حفظ الصفات الوراثية.
- يوجد فى النباتات نشطة النمو بتركيزات عالية فى المناطق المرستمية حيث يلعب دورا هاما فى تمثيل البروتينات النووية (Nucleoproteins) .

### ● محتوى النباتات الراقية من الفوسفور plant content:

- يمثل الفوسفور نسبة من الوزن الجاف لمعظم المحاصيل تتراوح من ١٥ ٪ إلى ١,٠ ٪ .
- تعتبر النسبة المثوية لتركيز الفوسفور فى أنسجة الورقة الحديثة كاملة النضج التى تتراوح من ٠,٢ ٪ إلى ٠,٤ ٪ هى قيم الكفاية والقيم الحرجة Critical Values للفوسفور عادة تكون أقل من ٠,٢ ٪ فى حالة النقص وأكبر من ١ ٪ فى حالة الزيادة.
- يوجد الفوسفور بتركيز عالٍ فى الأوراق الحديثة (New Leaves) وفى أعناقها.
- وتحتوى المحاصيل عالية الإنتاجية من ١٥ إلى ٧٥ رطل فوسفور/ إكر (١٧ إلى ٨٤ كجم فوسفور/ هكتار) .
- ✳ ونلاحظ أنه بعد جمع الحبوب من النباتات يظل معظم الفوسفور فى بقية أجزاء النبات.

### ● علاقة عنصر الفوسفور ببعض العناصر الأخرى (التفاعلات) Interactions:

يوجد علاقة بين النيتروجين والفوسفور مثلها مثل العلاقة بين الفوسفور وعناصر المغذيات الصغرى مثل النحاس والحديد والزنك (انظر شكل ٦) وتعتبر النسبة ٣ : ١ بين النيتروجين والفوسفور وكذلك النسبة ٢٠٠ : ١ بين الفوسفور والزنك مناسبة لكل منهما.

### ● صور الفوسفور الذائبة فى النبات: Soluble forms:

الفوسفور الذائب (فى محلول ٢ ٪ حامض خليك) يوجد على صورة أورثوفوسفات فى السوق الرئيسية وأعناق الأوراق للنبات. ويتراوح تركيز الفوسفور الذائب بين ١٠٠ إلى ٥٠٠٠ جزء فى المليون فى مادة النبات الجافة ويمكن أن يستخدم تركيز الفوسفور

الذائب سابق الذكر فى تقييم حالة الفوسفور فى النبات ويعتبر التركيز ٢٥٠٠ جزء فى المليون أو التركيزات القريبة منه تركيزاً حرجياً Critical Concentration.

### ● أعراض نقص الفوسفور على النباتات الراقية Deficiency symptoms: (انظر ملزمة الألوان)

إن مركبات عنصر الفوسفور لها القدرة على التحرك والانتقال داخل النبات من الأجزاء المسنة إلى أماكن النمو لاستخدامه مرة أخرى فى الأنسجة الحديثة ولذا فإن أعراض النقص تظهر أولاً على الأنسجة المسنة حيث تتلخص أعراض نقص الفوسفور فيما يلى :

- بطء النمو وضعف النباتات وتظهر الأوراق المسنة باللون الأخضر<sup>(١)</sup> الداكن مع بقع بنفسجية وتظهر أيضاً على الأوراق بقع ألوانها قرمزية أو صفراء أو حمراء وخاصة على السطح الأسفل وفى بعض الأحيان تظهر على النصل بقع متفرقة ذات لون قرمزي أو بنى.

- فى نباتات البطاطس والفول تظهر أعراض النقص على هيئة احتراق حواف الأوراق. - يظهر اللون الداكن لثمار الأشجار التى تعاني من نقص الفوسفور ويكون لبها طرياً والثمرة ذات طعم حامضى وتكون غير قابلة للحفظ لمدة طويلة.

### ● أعراض زيادة عنصر الفوسفور على النباتات الراقية Symptoms of excess:

غالباً ما تؤدي الزيادة فى عنصر الفوسفور إلى ظهور أعراض نقص بعض العناصر الغذائية وخصوصاً عنصرى الحديد والزنك حيث إنها من أكثر العناصر تأثراً بزيادة الفوسفور انظر شكل (٦) .

### ● صور الفوسفور الميسرة للنبات فى التربة Available soil forms:

يوجد الفوسفور فى معظم الأراضى بكميات متساوية تقريباً من الصورة العضوية

(١) ينتج اللون الأخضر الداكن نتيجة تكوين مركبات النيتروجين ذات الوزن الجزيئى الصغير نظراً لعدم توفر المواد الكربوهيدراتية اللازمة لتكوين البروتينات. وبالنسبة للبقع البنفسجية فإنها تظهر نتيجة تكوين صبغة الأنثوسيانين Anothocyanin.



والمعدنية. ويلعب رقم pH التربة دورا أساسيا فى سيادة إحدى صورتى الفوسفور الأنيونية وهما الفوسفات ثنائية الهيدروجين  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  Dihydrogen Phosphate والفوسفات أحادية الهيدروجين  $\text{HPO}_4^-$  Monohydrogen Phosphate والمصدر الأساسى للفوسفور المعدنى Inorganic-P يتمثل فى فوسفات الكالسيوم وفوسفات الألومنيوم وفوسفات الحديد وسيادة أى من هذه الصور تعتمد بدرجة كبيرة على رقم pH التربة وبالتالي يمكن القول بأن فوسفات الكالسيوم تسود فى الأراضى المتعادلة والمائلة للقلوية بينما تسود فوسفات الألومنيوم والحديد فى الأراضى الحامضية وينطلق الفوسفور إلى المحلول الأرضى نتيجة تحلل بقايا المحاصيل والكائنات الدقيقة Microorganisms.

### عنصر البوتاسيوم (K) :Potassium

#### • مدى احتياج النبات له ووظائفه Requirement & Functions :

- يصعب تحديد دور البوتاسيوم فى حياة النبات وذلك لأنه لا يدخل فى تركيب أى مكون عضوى داخل النبات كالبروتينات والدهون والكربوهيدرات والكلورفيل ، وقد أجريت العديد من الدراسات على هذا العنصر أمكن من خلالها استنتاج الوظائف التى يقوم بها البوتاسيوم داخل النبات فيما يلى :
- يوجد البوتاسيوم ذائبا فى العصير الخلوى مما يجعله يلعب دورا هاما فى المحافظة على بقاء الخلايا منتفخة حيث يرفع من قوة الضغط الإسموزى وبالتالي قوة امتصاص الخلايا الأسموزى للماء.
- يلعب البوتاسيوم دورا أساسيا فى عملية فتح وقفل الثغور Stomata.
- ينظم المحتوى المائى للخلايا وكذلك الماء الذى يفقده النبات أثناء عملية النتح.
- يزيد من صلابة جدر الخلايا حيث إنه يؤدى إلى زيادة الأنسجة الميكانيكية التى تزيد من صلابة المحاصيل النجيلية.
- يلعب دورا منشطا فى عملية تمثيل البروتينات ووجوده بتركيزات مرتفعة فى أجزاء المناطق المرستيمية للنبات يعتبر أفضل دليل على أن للبوتاسيوم دورا

فى تنشيط الأنزيمات التى تشارك فى عملية تمثيل المركبات ذات الروابط الببتيدية. (Peptide bonds).

- يلعب البوتاسيوم دورا فى عملية تجميع ونقل الكربوهيدرات حديثة التكوين.
- نقص البوتاسيوم يسبب ضررا للبرعم الطرفى حيث وجد أن النباتات التى تعاني من نقص البوتاسيوم تكون السيادة القمية لها ضعيفة ومنعدمة.
- يقوم البوتاسيوم كعامل مساعد فى خطوات عملية البناء الضوئى حيث ينشأ عن نقصه خفض فى معدل عملية البناء الضوئى، كما وجد أن البوتاسيوم يساعد على تحلل النشا تحليلا مائيا إلى سكريات تمهيدا لانتقالها إلى الأجزاء المختلفة للنبات.

#### ● محتوى النباتات الراقية من البوتاسيوم plant content:

يصل محتوى البوتاسيوم فى المادة الجافة لأنسجة الورقة بنسبة تتراوح من ١٪ إلى ٥٪ وتعتبر النسبة المثوية لتركيزه التى تتراوح من ١,٥٪ - ٣٪ فى أنسجة الأوراق الحديثة كاملة النضج هى حد الكفاية للعديد من المحاصيل وبناء على ذلك فاحتواء النبات على نسبة أقل من ١,٥٪ تجعله يعانى من نقص البوتاسيوم حينما يعتبر تركيز البوتاسيوم الذى يتراوح من ٦ إلى ٨٪ فى أنسجة الساق كافيا لبعض محاصيل الخضر. وتحتوى الأوراق الحديثة وأعناقها وكذلك سوق النباتات على أعلى تركيز للبوتاسيوم.

- تحتوى المحاصيل عالية الإنتاجية من ٥٠ إلى ٥٠٠ رطل بوتاسيوم/ إيكرا ( ٥٦ إلى ٥٦٠ كجم بوتاسيوم/ هكتار وهو يساوى ٢٢,٤ إلى ٢٢٤ كجم/ فدان، وتحتوى بعض المحاصيل مثل الموز على ١٥٠٠ رطل بوتاسيوم/ إيكرا ( ١٦٨٠ كجم بو/ هكتار وهو ما يساوى ٦٧٢ كجم بوتاسيوم/ فدان) .

- وتمتص معظم النباتات كميات من البوتاسيوم أكثر من احتياجاتها وهذه الزيادة يطلق عليها الاستهلاك الترفى Luxury consumption ويلاحظ أن معظم محاصيل الفاكهة تستهلك كميات كبيرة من البوتاسيوم من التربة.

## ● علاقة عنصر البوتاسيوم ببعض العناصر الأخرى (التفاعلات)

### :Interactions

يوجد علاقة بين البوتاسيوم وكل من المغنسيوم والكالسيوم حيث تؤدي التركيزات المرتفعة من البوتاسيوم إلى نقص عنصر المغنسيوم وكذلك الكالسيوم انظر شكل (٦) وتستخدم نسبة البوتاسيوم إلى المغنسيوم وكذلك نسبة البوتاسيوم إلى الكالسيوم وقد يلعب كاتيون الأمونيوم ( $NH_4^+$ ) أيضا دورا في علاقة الاتزان التي توجد بين الكاتيونات الثلاثة Mg, Ca, K.

### ● الصور الذائبة في النبات Soluble forms:

وكما سبق أن ذكرنا فإن عنصر البوتاسيوم لا يوجد على صورة متحدة داخل النبات وإنه يسهل استخلاصه سواء من أنسجة النبات الغضة أم الجافة. ويجب أن يكون تركيز البوتاسيوم المستخلص من الأنسجة النباتية مساويا للتركيز الكلي للنبات وقد تعاني بعض النباتات من نقص البوتاسيوم إذا احتوى العنصر المستخلص من السوق الطازجة أو أعناق الأوراق (Petioles) على تركيز أقل من ٢٠٠٠ جزء في المليون بوتاسيوم بينما يعتبر مناسباً إذا احتوى مستخلص السوق وأعناق الأوراق على أكبر من ٣٠٠٠ جزء في المليون بوتاسيوم.

### ● أعراض نقص البوتاسيوم على النباتات الراقية Deficiency

#### :symptoms (انظر ملزمة الألوان)

إن عنصر البوتاسيوم من العناصر المتحركة داخل النبات لذلك فإن أعراض نقصه تظهر أولاً على الأنسجة المسنة نتيجة انتقاله منها إلى مناطق النمو الحديثة حيث يعاد استخدامه في تكوين تلك النموات الحديثة. ولذا فإن أول أعراض النقص تظهر على الأوراق السفلى ويتدرج ظهور الأعراض من أسفل إلى أعلى النبات. ولكن عند ازدياد نقص البوتاسيوم فإن مناطق النمو الحديثة تتأثر أيضاً وتموت القمم النامية ويتبع ذلك موت النبات بأكمله. ويمكن تلخيص أعراض نقص عنصر البوتاسيوم على النبات في النقاط التالية:

– تظهر الأوراق السفلى باللون الأخضر المزرق، وقد يلاحظ اصفرار بين العروق.

- تبع ذلك احتراق قمم الأوراق حتى يصبح لونها بنيا.
- احتراق حواف الأوراق وظهور نقط بنية اللون قريبة من الحواف المحترقة.
- ثم تنتشئ حواف الأوراق وتلتف نحو السطح العلوى أو السفلى على طول العروق الوسطى.
- تظهر السيقان فى هذه الحالة رفيعة ذات سلاميات قصيرة وكذلك يكون نمو الجذور ضعيفا لدرجة أن الأشجار تصير غير مثبتة جيدا فى التربة ويسهل على الرياح الشديدة اقتلاعها من جذورها. كما تنخفض كمية المحصول بالنسبة لأشجار الفاكهة وكذلك تقل جودة الثمار.
- ربما تصبح النباتات حساسة لوجود كاتيون الأمونيوم ويؤدى ذلك إلى احتمال حدوث السمية بالأمونيوم (جونز وآخرون عام ١٩٩١) .
- ومن الجدير بالذكر أن حالات نقص البوتاسيوم تكون أكثر شيوعا فى الأراضى الرملية بينما يقل حدوثها فى الأراضى ثقيلة القوام.

### ● أعراض زيادة عنصر البوتاسيوم على النباتات الراقية Symptoms of excess

تعانى النباتات التى بها زيادة فى عنصر البوتاسيوم نقصا فى عنصر المغنسيوم وربما عنصر الكالسيوم وذلك نتيجة اختلال التوازن بين عنصر البوتاسيوم وعنصر المغنسيوم والكالسيوم انظر شكل (٦) ويلاحظ فى حالة زيادة عنصر البوتاسيوم أن أعراض نقص المغنسيوم هى التى تظهر أولا.

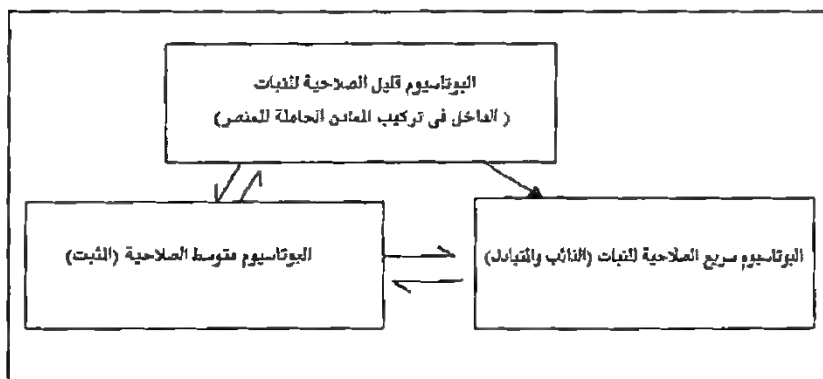
### ● صور البوتاسيوم الميسرة للنبات فى التربة Available soil forms:

- يوجد البوتاسيوم فى التربة على أربع صور هى:
- البوتاسيوم الذائب Soluble-K فى المحلول الأرضى والبوتاسيوم فى هذه الصورة يعتبر سريع الصلاحية للنبات النامى.
- البوتاسيوم المتبادل Exchangelable-K على أسطح غرويات الأرض المعدنية والعضوية، والبوتاسيوم فى هذه الصورة سريع الصلاحية للنبات.
- البوتاسيوم المثبت Fixed-K بين طبقات معادن الطين ٢ : ١ وهذه الصورة تعتبر بطيئة أو متوسطة الصلاحية للنبات.

- البوتاسيوم الأصلي Native-K ويدخل فى تركيب المعادن الأولية والثانوية فى الأرض مثل الأورثوكلاز  $KAlSi_3O_8$  والميكاسكوفيت  $K(Si, Al)_4Al_2O_{10}(OH)_2$  والميكابيتيت  $K(Al, Si)_4(Al, Mg, Fe)_3O_{10}(OH)_2$  والبوتاسيوم الداخلى فى تركيب هذه المعادن يعتبر على صورة غير صالحة لامتصاص النباتات ولا بد من حدوث عملية تجوية Weathering لها حتى يخرج منها البوتاسيوم على صورة ميسرة لامتصاص النبات، ويمكن ترتيب هذه المعادن من حيث مقاومتها للتعرية كما يلى :

أورثوكلاز < ميكاسكوفيت < ميكابيتيت

ومن الجدير بالذكر أن صور البوتاسيوم سابقة الذكر تكون فى حالة اتزان Equilibrium مع بعضها فى الأرض بحيث إن النقص فى إحدى الصور يتم تعويضه من الصور الأخرى، فعند إضافة أحد أسمدة البوتاسيوم إلى التربة فإن الاتزان يتجه نحو البوتاسيوم المتبادل والمثبت أو يمكن أن يتجه إلى المحلول الأرضى من البوتاسيوم المتبادل أو المثبت عندما يمتص عنصر البوتاسيوم بواسطة جذور النباتات من المحلول الأرضى والشكل التالى يوضح الاتزان بين صور البوتاسيوم فى الأرض.



شكل (٩) يوضح الاتزان بين الصور المختلفة للبوتاسيوم فى الأرض وعلاقتها ببعضها

## ● عنصر الكالسيوم Calcium (Ca) :

### ● مدى احتياج النبات له ووظائفه Requirement & Functions :

عنصر الكالسيوم من العناصر الغذائية الكبرى Macronutrient الضرورية للنبات حيث إنه يلعب أدواراً هامة في حياة النبات يمكن تلخيصها فيما يلي :

- يحافظ على نفاذية الأغشية الخلوية.

- يساعد على تكوين ونمو حبوب اللقاح.
- ينشط عدداً من الأنزيمات التي لها دور في عملية الانقسام غير المباشر للخلية (Mitosis) ومن المعتقد أن الكالسيوم له دور في عملية التنظيم الميوزي للخيوط المغزلية للخلية Chromatin or mitotic spindle organisation وبالتالي فإن نقص عنصر الكالسيوم في النبات يسبب حدوث انقسام للخلايا بطريقة غير طبيعية وذلك لأنه يؤثر على تركيب الكروموسومات وثباتها.

- قد يكون له أهمية لعملية تمثيل البروتينات وانتقال الكربوهيدرات داخل النبات.
- يقوم الكالسيوم بتعادل الأحماض العضوية التي تتكون في النبات كمنتجات ثانوية وقد تكون ذات تأثير ضار بالنبات وبذا تترسب على هيئة أملاح مثل أكسالات وخرلات وفورمات الكالسيوم.

- يوجد في النبات على صورة بكتات الكالسيوم بين جدر الخلايا حيث تعمل كمادة لائحة بين جدر الخلايا وتقوم بتثبيت الخلايا بعضها ببعض ، كذلك تعمل مادة بكتات الكالسيوم على منع تسرب المواد العضوية والمعدنية من الخلية خلال الجدران وقد لوحظ أنه عند استبدال الكالسيوم في مادة بكتات الكالسيوم بأي عنصر آخر كالمغنسيوم أو البوتاسيوم فإن بكتات هذه العناصر لا تتحكم في تسرب محتويات الخلية السابق ذكرها إلى الخارج.

- وجود الكالسيوم ربما يقي النبات من السمية الناتجة عن وجود العناصر الثقيلة.

### ● محتوى النباتات الراقية من الكالسيوم plant content :

- يتراوح محتوى الكالسيوم في النباتات من ٠,٢٪ إلى ٣,٠٪ من الوزن الجاف في أنسجة الورقة بينما تتراوح الكميات الكافية للنبات من ٠,٣٪ إلى ١,٠٪ في أنسجة الورقة لمعظم المحاصيل.

- وتختلف القيم الحرجة Critical values للكالسيوم بدرجة كبيرة باختلاف نوع المحصول فأقلها تكون لمحاصيل الحبوب وأكبرها تكون لبعض محاصيل الخضر والفاكهة Fruits crops وتوجد التركيزات العالية في الأوراق المسنة.

- والمحتوى الكلى من الكالسيوم لا يكون دليلا على كفايته للنبات حيث إن الكالسيوم يتراكم في بعض النباتات على صورة بللورات من إكسالات الكالسيوم، بينما يعتبر الكالسيوم المستخلص Extractable-Ca له دلالة أفضل للتعبير عن الكميات الكافية (Wallace 1971).

- تحتوى المحاصيل عالية الإنتاجية على كمية من الكالسيوم تتراوح من ١٠ إلى ١٧٥ رطل/ إيكير (١١ إلى ١٩٦ كجم كالسيوم/ هكتار وهو ما يساوى ٤,٤ إلى ٧٨,٤ كجم كالسيوم/ فدان) ويلاحظ بعد جنى الحبوب أو الثمار فإن الجزء المتبقى من النباتات يحتوى على معظم الكالسيوم.

### ● علاقة عنصر الكالسيوم ببعض العناصر الأخرى (التفاعلات): Interactions

كما سبق الذكر فى حالة عنصر البوتاسيوم فإن هناك علاقة بين عنصر الكالسيوم والبوتاسيوم وكذلك علاقة بين الكالسيوم والمغنسيوم (انظر شكل ٦) وتؤثر نسبة الكالسيوم إلى كل من النيتروجين والبورون فى محاصيل الفاكهة على جودة الثمار، وتغذية النباتات بالأزوت تؤدي إلى نقص عنصر الكالسيوم حيث ينخفض امتصاص النبات له.

### ● الصورة الذائبة Soluble form:

الكالسيوم الذائب Soluble-Ca (المستخلص فى محلول ٢٪ حامض خليك) يعتبر أفضل دليل لوصف حالة الكالسيوم داخل النبات عن استخدام المحتوى الكلى والذي يوجد غالبا على صورة بللورات من إكسالات الكالسيوم. ويعتبر ٨٠٠ جزء فى المليون تركيزا حرجا للكالسيوم الذائب لمعظم المحاصيل.

### ● أعراض نقص الكالسيوم على النباتات الراقية Deficiency symptoms: (أنظر ملزمة الألوان)

إن عنصر الكالسيوم غير متحرك Immobile داخل النبات ولذا تحدث أعراض نقصه على النموات الحديثة وهذا يفسر بدء ظهور أعراض نقص الكالسيوم على الأوراق الصغيرة التى بجوار قمم السوق.

وظهور أعراض نقص الكالسيوم يكون أكثر شيوعاً في الأراضي الحامضية وتختلف النباتات من حيث حساسيتها لنقص الكالسيوم فعلى سبيل المثال فإن البقوليات والكرنب والقنبيط وبجر السكر من النباتات شديدة الحساسية لنقص عنصر الكالسيوم والتي لها في نفس الوقت احتياجات كبيرة منه ويمكن تلخيص أعراض نقص الكالسيوم على النباتات في الآتي:

- تظهر الأوراق الحديثة مشوهة التركيب وغير منتظمة في الشكل وقد تلتف حواف الأوراق طولياً إلى أعلى أو تنحني الحواف نحو السطح الأسفل وربما تنحني قمة الورقة على شكل هلب.

- عدم انتظام شكل حواف الأوراق وقد تكون ممزقة وقد يظهر على حواف الأوراق احتراق ذو لون بني أو على شكل أشرطة رفيعة صفراء.

- تكون الجذور ضعيفة التكوين وتظل قصيرة قرمية كما تفقد قدرتها على الاستطالة وقد تظهر جيلاتينية كما في محصول البطاطس حيث يتأثر تكوين الدرنات نتيجة نقص الكالسيوم وربما يعجز النبات تماماً عن تكوين درناته.

- يتوقف نمو المناطق المرستية في السوق والأوراق وأطراف الجذور ثم تموت.

- تتلخص أعراض نقص الكالسيوم على أشجار الفاكهة مثل أشجار التفاح في موت القمم النامية للفروع ثم تموت الأوراق مبتدئة من الأوراق القريبة من القمم النامية وتتجه إلى قاعدة الفرع. كما تحترق حواف الأوراق وتتمزق وتلتف إلى أعلى ويلاحظ أن الأوراق القمية هي التي تتأثر أولاً.

### ● أعراض زيادة عنصر الكالسيوم على النباتات الراقية Symptoms of excess:

يؤدي المحتوى العالي من الكالسيوم إلى نقص في كل من عنصر المغنسيوم أو البوتاسيوم ويعتمد ذلك على تركيز العنصرين في النبات.

### ● صور الكالسيوم الميسرة للنبات في التربة Available soil forms:

يوجد عنصر الكالسيوم على صورة كاتيون ( $Ca^{2+}$ ) ثنائي التكافؤ في المحلول الأرضي وكذلك على صورة متبادلة exchangeable- Ca على سطح غرويات التربة. وعادة



ما يكون الكالسيوم أعلى الكاتيونات تركيزاً في التربة سواء كان على صورة ذائبة في المحلول الأرضي أم متبادلة على مقعد التبادل للأراضي المرتفعة في رقم الحموضة ( $\text{pH}=8$ )، والتي ربما تحتوى على كميات كبيرة من الكالسيوم مرسبة على صورة كربونات أو كبريتات الكالسيوم.

### عنصر المغنسيوم (Mg) Magnesium

#### ● مدى احتياج النبات له ووظائفه Requirement & Functions:

إن للمغنسيوم وظيفتين أساسيتين في العمليات التمثيلية للنبات: أولهما: أنه يدخل في تركيب جزيء الكلوروفيل وبالتالي لا تحدث عملية التمثيل الضوئي في غيابه.

ثانيهما: أنه يدخل في تنشيط العديد من الأنزيمات المصاحبة لتمثيل الكربوهيدرات ويدخل مركب ATP في تلك التفاعلات وفي الأنزيمات التي تشترك في تمثيل الكربوهيدرات التي تحتاج إلى أيون المغنسيوم ( $\text{Mg}^{2+}$ ) كمنشط.

#### ● محتوى النباتات الراقية من المغنسيوم plant content:

تحتوى النباتات بصفة عامة على عنصر المغنسيوم بتركيز يتراوح من ٠,١٥٪ إلى ١,٠٪ من الوزن الجاف لأنسجة الورقة ويعتبر التركيز ٠,٢٥٪ من المغنسيوم في أنسجة الورقة مقدار كافياً لمعظم المحاصيل.

✳ ومن أهم العوامل التي تؤثر على القيم الحرجة Critical values لعنصر المغنسيوم داخل النبات:

- نوع المحصول حيث إن تلك القيم تصبح أقل ما يمكن في محاصيل الحبوب بينما تكون عالية في المحاصيل البقولية وبعض محاصيل الخضر والفاكهة. وتحتوى الأوراق المسنة على أعلى تركيزات من المغنسيوم. والمحاصيل عالية الإنتاجية تحتوى على كمية مغنسيوم تتراوح من ١٠ إلى ١٧٥ رطل مغنسيوم/أكر (١١ إلى ١٩٦ كجم مغنسيوم/هكتار وتساوى ٤,٤ كجم إلى ٨,٤ مغنسيوم/فدان) ومن الملاحظ أنه عند جمع الحبوب أو الثمار فإن الجزء النباتي المتبقى يكون محتوياً على معظم المغنسيوم.

## ● علاقة عنصر المغنسيوم ببعض العناصر الأخرى (التفاعلات) :Interactions

يحدث نقص لعنصر المغنسيوم في النبات نتيجة لزيادة تركيز بعض العناصر الكاتيونية في بيئة نمو الجذور. ومن أهم هذه العناصر: البوتاسيوم ( $K^+$ ) والكالسيوم ( $Ca^{++}$ )، ويعتبر المغنسيوم أضعف من هذه الكاتيونات على التنافس انظر شكل (٦) .

## ● الصورة الذائبة في النبات Soluble form:

يمكن استخلاص المغنسيوم الذائب في النبات بنجاح باستخدام محلول حامض خليك تركيز ٢٪ أو باستخدام محلول مخفف من حامض الهيدروكلوريك.

## ● أعراض نقص المغنسيوم على النباتات الراقية Deficiency symptoms: (انظر ملزمة الألوان)

– تظهر الأوراق صفراء اللون أو يظهر عليها أعراض مرض الاصفرار الذي يبدأ من الأوراق المسنة حيث المغنسيوم عنصر متحرك في النبات. وتظهر أعراض نقصه على الأوراق المسنة أولاً وفي حالة اشتداد النقص يظهر الاصفرار على الأوراق الحديثة.

## ● أعراض زيادة عنصر المغنسيوم على النباتات الراقية Symptoms of excess:

لا يوجد أعراض سمية تخص زيادة عنصر المغنسيوم داخل أنسجة النبات وغالباً ما تظهر السمية عند احتواء الأنسجة على أكثر من ١٪ منه والمهم في ظهور تلك الأعراض هو عدم التوازن بين عنصر المغنسيوم والكالسيوم والبوتاسيوم، فزيادة نسبة المغنسيوم- التي تخل بالتوازن بين العناصر الثلاثة- تقلل من نمو النبات.

## ● صور المغنسيوم الميسرة للنبات في التربة Available soil forms:

يوجد المغنسيوم في التربة على صورة كاتيون ثنائي التكافؤ ( $Mg^{+2}$ ) ذائب في المحلول الأرضي وكذلك على صورة متبادلة على أسطح غرويات التربة. ويعتبر المغنسيوم ثاني عنصر من حيث التركيز في كل من الصورتين الذائبة والمتبادلة في حالة الأراضي المتعادلة والحامضية الخفيفة.

## عنصر الكبريت (S) :

### ● مدى احتياج النبات له ووظائفه Requirement & Functions :

يدرج الكبريت ضمن العناصر الغذائية الكبرى الضرورية Macronutrient لتغذية النبات. حيث يمتصه النبات من التربة على صورة أنيون كبريتات سالب الشحنة  $SO_4^{2-}$  وسرعان ما تختزل داخل النبات لتكون مجموعة السلفاهيدريل (SH) Sulphhydryle أو صورة كبريت  $S^{2-}$  حتى يمكن أن يدخل في تركيب الأحماض الأمينية مثل الثيامين والسستين Cystin والذي يوجد في معظم البروتينات ومن أهم وظائف الكبريت هي :

- يدخل في تركيب بعض الأحماض الأمينية مثل السستين Cystin والميثونين Methionine.

- يدخل في تركيب بعض المركبات مثل الببتيدجلوتاثيون peptide glutathation وفيتامين B ومساعد الأنزيم Coenzyme A.

- يدخل في تركيب الجلوكوسيدات Glucosides والتي تعطي صفة الرائحة والتذوق في نباتات العائلة الصليبية والزنبقية (البصل - الثوم - القنبيط) .

- يقي من حدوث الإصابة ببعض الأمراض.

- له علاقة بعملية اختزال النترات ولهذا قد يصاحب نقص العنصر زيادة تراكم النترات في النبات.

- يؤثر على نمو المجموع الجذري في النبات وخاصة في النباتات البقولية حيث يقل تكوين العقد الجذرية عند نقص الكبريت وتؤدي إضافة من جديد إلى زيادة هذه العقد على الجذور.

- يؤثر على تكوين جزىء الكلوروفيل.

### ● محتوى النباتات الراقية من الكبريت plant content :

محتوى الكبريت في المادة الجافة لأنسجة الورقة يتراوح من ٠,١٥٪ إلى ٠,٥٪ وتعتبر النسبة بين النيتروجين إلى الكبريت لها أهمية لا تقل عن نسبة الكبريت

بمفرده أو النسبة بين الكبريتات إلى الكبريت الكلى. ويختلف محتوى النباتات من عنصر الكبريت باختلاف نوع النبات ومرحلة النمو حيث إن نباتات العائلة الصليبية Cruciferae لها القدرة على تجميع الكبريت بمقدار يصل إلى ٣ أضعاف كمية الفوسفور. بينما تستطيع نباتات العائلة البقولية Leguminosae أن تجمع كميات متساوية من عنصرى الكبريت والفوسفور. أما فى حالة محاصيل الحبوب Cereals فإنها تجمع كميات من الكبريت تقل عن الفوسفور بمقدار الثلث.

وبصفة عامة فإن الكمية التى تستهلكها المحاصيل من عنصر الكبريت من التربة تتراوح من ١٠ إلى ٨٠ رطل كبريت/ إيكرا (١١ إلى ٩٠ كجم كبريت/ هكتار). وهى تساوى (٤,٤ إلى ٣٦ كجم كبريت/ فدان). وتزيل المحاصيل مثل الحبوب والحبائش والبطاطس من التربة حوالى ١٠ رطل كبريت إيكرا وهى تساوى ٤,٤ كجم كبريت/ فدان، بينما تزيل محاصيل مثل بنجر السكر والكرنب والبرسيم والقطن كمية من الكبريت من التربة يتراوح بين ١٥ إلى ٤٠ رطل كبريت/ إيكرا (١٧ إلى ٤٥ كجم كبريت/ هكتار وهى تساوى ٦,٨ إلى ١٨ كجم كبريت/ فدان).

### ● علاقة عنصر الكبريت ببعض العناصر الأخرى (التفاعلات): Interactions:

يوجد علاقة تحفيز Synergistic بين الكبريت وعنصرى النيتروجين والفلوريد بينما توجد علاقة تضاد Antagonistic بين الكبريت وعناصر الأرسنات والبورون والموليبدنيوم والرصاص والسليوم والحديد.

### ● الصور الذائبة فى النبات Soluble form:

يوجد الكبريت داخل النبات على صورة أنيونات كبريتات سالبة الشحنة  $SO_4^{2-}$  حيث يعتبر تركيز الكبريتات دليلا على كفاية الكبريت أكبر من محتوى الكبريت الكلى Total, S.

### ● أعراض نقص الكبريت على النباتات الراقية Deficiency symptoms:

– النباتات التى تعاني من نقص الكبريت تظهر فى بادئ الأمر بلون أخضر مصفر ويبدأ الاصفرار أولا على الأوراق الصغيرة.

- عروق الأوراق تصبح أفتح في اللون من باقي الورقة (عكس المغنسيوم) .
- تظل الورقة ملتصقة بالنبات ولا تسقط بتقدم النبات في العمر.
- الثمار تصبح خضراء فاتحة اللون.
- الجذور تصبح أطول من المعتاد وتصير السوق خشبية ؛ كما تقل عدد العقد الجذرية في البقوليات ، كما يحدث تأخر في نضج الحبوب. ويلاحظ أن نقص عنصر الكبريت يكون مطلوباً في نبات الدخان وذلك للحصول على لون مناسب للورقة.
- وفى كثير من الحالات يمكن أن يختلط الأمر بين أعراض نقص الكبريت مع أعراض نقص عنصر النيتروجين. ويلاحظ أن أعراض نقص الكبريت ربما تحدث في البادرات الصغيرة وتختفى عند اختراق جذر النبات طبقة تحت التربة وظروف الجفاف ربما تخفف من امتصاص الكبريت وتسبب نقصه داخل النبات. ونادراً ما يحدث أعراض نقص نظراً لإضافة عنصر الكبريت إلى التربة من مصادر عديدة دون قصد حيث يضاف مع ماء الري أو المطر وكذلك مع الأسمدة العضوية والمعدنية مثل سلفات النشادر وسلفات البوتاسيوم والسوبر فوسفات وكذلك الجبس الزراعى الذى يضاف كمصلح لخواص التربة وهذا بالإضافة إلى قدرة النبات على أخذ جزء من احتياجاته من ثنائي أكسيد الكبريت من خلال الثغور كما تظهر على النبات فى حالة نقص الكبريت أعراض الشخوخة على أوراق النبات قبل الأوان.

### ● صورة الكبريت الميسرة للنبات فى التربة Available soil forms:

يوجد أكثر من ٩٠٪ كم كمية الكبريت فى التربة فى المادة العضوية وتبلغ نسبة النتروجين إلى الكبريت فى المادة العضوية حوالى ١٠ : ١ ويوجد الكبريت فى المادة العضوية على صورة سلفاهايدريل SH وعند تحليل المادة العضوية ينفرد منها الكبريت على صورة  $H_2S$  (عملية معدنة) ثم يتأكسد بعد ذلك إلى كبريتات  $SO_4^{=}$  صالحة لامتصاص النبات ومن الجدير بالذكر أن معدل معدنة الكبريت العضوى (مثلها فى ذلك مثل النتروجين) يتوقف على نسبة الكربون إلى الكبريت C/S ratio وعامة فإن معظم الكبريتات  $SO_4^{=}$  الميسرة تكون فى طبقة تحت التربة Subsoil وفى الأراضي المرتفعة (الـ pH أكبر من ٧) فإن الكبريت ربما يترسب على صورة كبريتات الكالسيوم  $CaSO_4$  بينما فى حالة الـ pH المنخفضة (أقل من ٤) فإن أيون الكبريتات ربما يدمص على سطح أكاسيد الحديد والألومنيوم.

## عنصر البورون (B) :

### ● احتياجات النباتات الراقية له ووظائفه Requirement & Functions :

- إن عنصر البورون أحد عناصر المغذيات الصغرى الضرورية Micronutrients التى يمتصها النبات على صورة أنيونية ، ويلاحظ أن النباتات تختلف احتياجاته له وتتلخص وظائفه داخل النبات فى النقاط التالية :
- ضرورى لتمثيل واحد من القواعد المكونة للـ RNR.
- يدخل فى عملية التلقيح فى الزهرة وبالتالى فإنه مهم لعملية تنشيط ونمو حبوب اللقاح على مياسم الأزهار.
- يحسن من نمو وثبات أنابيب اللقاح.
- يتحكم فى حركة الريشة والجذير ونموها.
- له أهمية كبيرة فى حركة السكر داخل النبات.
- وعموما ينتقل البورون أوليا فى أنسجة الخشب وهو غير متحرك نسبيا داخل النبات.

### ● محتوى النباتات الراقية من البورون Plant content :

- يختلف احتياج النباتات لعنصر البورون ويمكن تقسيم النباتات تبعا لاحتياجاتها له كما يلى :
- تتراوح كمية العنصر فى أوراق النباتات أحادية الفلقة Monocots من ١ إلى ٦ أجزاء فى المليون بورون.
- ومن ٢٠ إلى ٧٠ جزءا فى المليون فى أوراق النباتات ثنائية الفلقة Dicots.
- وفى بعض نباتات ثنائية الفلقة تحتوى حواف أوراقها على ٨٠ إلى ١٠٠ جزء فى المليون بورون وهذا التركيز يساوى تقريبا من خمسة إلى عشرة أضعاف التركيز الموجود فى باقى نصل الورقة.

### ● علاقة عنصر البورون ببعض العناصر الأخرى التفاعلات (Interaction):

هناك علاقة موجبة بين الكالسيوم والبورون فالمحتوى العالى من عنصر الكالسيوم

فى النبات يؤدى إلى الاحتياجات العالية من البورون. بينما محتوى النباتات العالى من عنصر البوتاسيوم يكون له تأثير سلبى فىسبب خفضا لمستويات البورون فى أنسجة النبات.

### • صور البورون الذائبة فى النبات Soluble forms:

يوجد البورون فى النبات على صورة أيون البورات  $\text{BO}_3^{-3}$ .

### • أعراض نقص البورون على النباتات الراقية Deficiency symptoms:

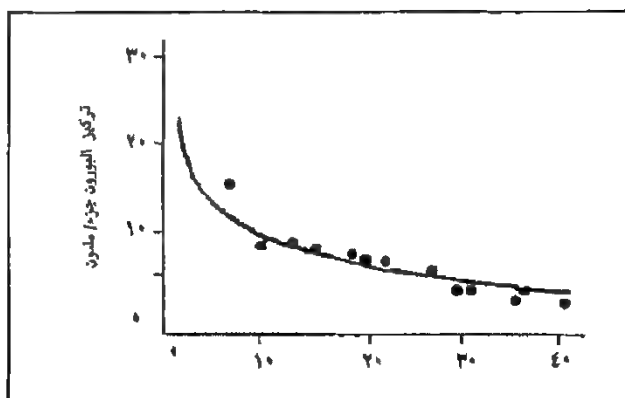
تختلف النباتات فى درجة تحملها لنقص البورون. والنباتات الحساسة لنقص البورون هى تلك التى يكون احتياجاتها كبيرة منه مثل (بنجر السكر والقنبيط والكرنب والتفاح والكمثرى والعنب) . وبالنسبة للمحاصيل الحقلية فإن النباتات ثنائية الفلقة تحتاج إلى كميات كبيرة من البورون تفوق احتياجات النباتات أحادية الفلقة. ولهذا لا يشيع نقص البورون فى محاصيل الحبوب أحادية الفلقة وعموما فإن النباتات التى تعانى من نقص البورون تظهر عليها الأعراض الآتية :

- نمو غير طبيعى وموت البراعم والقمم النامية.
- ضعف نمو الجذور.
- تتجمع الأوكسينات Auxins فى نقاط النمو والأوراق والسيقان وتصبح هشة.
- النمو الشاذ فى الخشب فيضطرب قيام الخشب بوظائفه كنسيج تتحرك من خلاله المواد.
- هدم جدر الخلايا وخاصة فى نسيج اللحاء.

### • أعراض زيادة عنصر البورون على النباتات الراقية Symptoms of excess:

تؤدى زيادة البورون فى المحلول الأرضى عن حد معين إلى سمية الكثير من النباتات، وهذا يحدث غالبا فى أراضي المناطق الجافة نظرا لقلة غسيل البورون من الأرض وخاصة إذا أضيف إلى الأرض مركبات غنية فى البورون أو استخدم فى ريها مياه ذات محتوى مرتفع من البورون، وتختلف النباتات فى قدرتها على تحمل

التركيزات العالية من البورون فبعض النباتات لا تتحمل تركيزاً أكثر من جزء واحد/ مليون فى مياه الري بينما قد تتحمل نباتات أخرى تركيزاً من البورون يصل إلى عشرة جزء/ مليون وبصفة عامة فإن حدوث السمية بالبورون يكون أكثر احتمالاً إذا زاد مقدار البورون المستخلص بالماء الساخن من الأرض عن ٥ أجزاء/ مليون (وقد وجد إيهاب الصياد- وبلانشر سنة ١٩٩٣) أن أراضي محافظة الفيوم بجمهورية مصر العربية يكون محتوها من البورون متأثراً بالمسافة من بحيرة قارون حيث كانت الأراضي المتاخمة للبحيرة (تبتعد بمقدار ٠,٣ كم) تحتوى على مقدار ٢٢,٠٢ جزءاً فى المليون بينما أقل تركيز من البورون التركيز البورون المستخلص بالماء الساخن وجد فى الأراضي التى تبعد عن البحيرة بمقدار ٣٩ كم يقل عن ٥ جزء فى المليون... وفى نفس الوقت فإن احتواء التربة من البورون المستخلص بالماء الساخن أقل من جزء واحد فى المليون يؤدى إلى ظهور أعراض نقص البورون على النباتات النامية فى تلك الأراضي. ويوضح الرسم البياني التالى تأثير المسافة من بحيرة قارون على محتوى أراضي الفيوم من البورون المستخلص بالماء الساخن.



المسافة من بحيرة قارون بالكيلو متر  
تأثير بعد المسافة من بحيرة قارون على تركيز البورون  
المستخلص بالماء الساخن من الأراضي المدروسة



● والجدول التالى يوضح تحمل النباتات لتركيزات مختلفة من البورون فى مياه الري :

نوع النبات	المدى من تركيزات البورون جزء/ المليون
١ - نباتات مقاومة لتركيزات البورون المرتفعة: النجيل- بنجر السكر- البرسيم الحجازى- القطن- البصل- الخيار.	٢ - ٤
٢ - نباتات متوسطة التحمل: البطاطس- الطماطم- الشعير- القمح- الذرة- الزيتون.	١ - ٢
٣ - نباتات حساسة: البرتقال- المشمش- العنب- الخوخ- التفاح- الكمثرى.	أقل من ١

المصدر: خصوبة الأراضى وتغذية النبات سنة ١٩٩٢ :

#### ● صور البورون الميسرة للنبات فى التربة Available soil forms :

توجد كمية محسوسة من البورون فى الأرض على صورة مرتبطة بالمادة العضوية حيث يكون معقدات مع مجاميع الكربوكسيل فى حامض الهيوميك. وكلما زاد محتوى الأرض من المادة العضوية زاد محتواها من البورون المرتبط بها. وتزيد قوة ارتباط البورون مع المادة العضوية عن قوة ارتباطه مع الطين والأكاسيد السداسية. ويوجد البورون الذائب فى المحلول الأرضى أساسا على صورة بورات  $BO_3^{3-}$  حيث إن معظم الأراضى تكون فى الغالب سالبة الشحنة كما فى الأراضى الطينية الثقيلة وأحيانا متعادلة الشحنة كما الحال فى الأراضى الرملية. ولذلك يفقد البورون من التربة عن طريق الغسيل بسهولة وعلى هذا فإن طريقة الغسيل تكون أحد الطرق الشائعة لإزالة البورون الزائد من التربة وتتراوح الكمية من البورون فى الأراضى من ٢٠ إلى ٢٠٠ جزء/ مليون، بينما الكمية الميسرة لامتصاص النبات فى المحلول الأرضى تتراوح بين واحد إلى ٥ أجزاء/ مليون.

ويلاحظ أن الحد الفاصل ضيق بين نقص البورون وسميته. حيث تعتبر التربة تعاني من نقص البورون الميسر إذا احتوى مستخلص الماء الساخن لها على أقل من جزء واحد/ مليون بينما تحدث السمية عند مستويات من البورون المستخلصة أعلى من ٥ أجزاء/ مليون.

### عنصر الكلورين Chlorine:

#### ● مدى احتياج النبات له ووظائفه Requirement & Functions:

لم تثبت ضرورية الكلورين للنبات حتى منتصف عام ١٩٥٠ ويمتصه النباتات على صورة أيون احادى التكافؤ (Cl<sup>-</sup>) وقد لوحظ ظهور أعراض الذبول على النباتات عند نقصه حيث يؤثر على الضغط الأسموزى للخلايا وتؤدى زيادته إلى زيادة جهد الماء فى الأوراق والضغط الأسموزى فى الخلايا ويقوم الكلورين بالوظائف التالية فى النبات:

- يلعب دورا هاما فى تجميع الأكسجين فى عملية التمثيل الضوئى.
- يزيد من الضغط الأسموزى للخلايا تحت ظروف الرطوبة مما يؤدى إلى زيادة المقاومة للأمراض. وقد وجد قلة إصابة الأوراق بالأمراض عند استخدام الكلوريد أو سعاد كلوريد الأمونيوم عن استخدام سعاد كبريتات الأمونيوم وكذلك أمكن علاج مرض صدأ الساق فى القمح Spot disease بإضافة كلوريد البوتاسيوم للنباتات.
- يساعد على التذكير فى النضج حيث وجد أنه بإضافة الكلوريد قلت الفترة اللازمة لنضج محاصيل الحبوب الصغيرة.
- يعمل على تنظيم فتح وقفل الثغور كما أنه يزيد من التأدرت لأنسجة النبات.

#### ● محتوى النباتات الراقية من الكلورين Plant content:

يتراوح محتوى المادة الجافة للأوراق من عنصر الكلورين من أجزاء منخفضة/ مليون (٢٠ جزء/ المليون) إلى تركيزات مثوية. فإنه من الشائع وجوده بتركيزات تتراوح بين ٢,٠-٢٪ من مادة النبات الجافة ولكن فى حالة المحاصيل الحساسة للتركيزات المرتفعة منه يحدث نقص فى المحصول وتقل جودته إذا احتوت أنسجتها على

تركيز يتراوح من ٠,٥ - ٢٪ ويحدث نقص الكلورين في القمح عندما تحتوى النباتات على مستويات منه أقل من ٠,١٥٪. وجديرا بالذكر أن عنصر الكلورين ينتقل بسرعة داخل أنسجة النبات.

### ● علاقة عنصر الكلورين ببعض العناصر الأخرى (التفاعلات): Interactions

تنافس أنيون الكلورين ( $\text{Cl}^-$ ) مع الأنيونات الأخرى مثل النتترات ( $\text{NO}_3^-$ ) والكبريتات ( $\text{SO}_4^{2-}$ ).

### ● الصور الذائبة في النبات Soluble forms

يوجد الكلورين في النبات على صورة أنيون كلورين ( $\text{Cl}^-$ ) ذائبة.

### ● أعراض نقص الكلورين على النباتات الراقية Deficiency symptoms

النباتات التى تعاني من نقص الكلورين يظهر عليها اصفرار الأوراق الصغيرة ويحدث ذبول النبات. وفي حالة القمح فإن نقص الكلورين يسبب عنه مرض disease infestation.

### ● أعراض زيادة عنصر الكلورين على النباتات الراقية Symptoms of excess

تؤدى زيادة عنصر الكلورين إلى الإضرار بالنباتات تتمثل في المظاهر التالية:

- اصفرار الأوراق حديثة النضج واحتراق قمم الأوراق.
  - احتراق حواف الأوراق وتقطع ويظهر عليها اللون البرونزى.
  - تقل مقاومة النبات للعوامل الجوية.
  - تتأثر نوعية وجودة ثمار البطاطا Sweet potatoes.
- وتعتبر نباتات التبواكو وبعض البقوليات من المحاصيل الحساسة لزيادة الكلورين حيث تصبح الأوراق سميكة نتيجة تجمع الكلورين بها.

### ● صور الكلورين الميسرة للنبات فى التربة Available soil forms

الصورة الذائبة فى المحلول الأرضى هي أنيونات الكلورين ( $\text{Cl}^-$ ).

## عنصر النحاس Copper:

### ● مدى احتياج النبات له ووظائفه Requirement & Functions:

عنصر النحاس من العناصر الغذائية الصغرى Micronutrient ويقوم بالوظائف التالية داخل النبات:

- ضرورى لتكوين بروتين الكلوروبلاستيدات وجزء الكلوروفيل.
- له دور فى عملية بناء البروتينات والكربوهيدرات.
- له دور غير مباشر فى تكوين العقد الجذرية بعملية تثبيت النتروجين الجوى Nitrogen Fixation:

- يدخل فى تركيب أنزيمات السيوكروم أوكسيديز Sytochrome Oxidase والإسكوريك أسيد أوكسيديز Ascorbic Acid Oxidase والبولى فينول أوكسيديز Polypoanol Oxidase وهى التى تقوم باختزال كل من ذرات وجزيئات الأكسجين  $O_2$ .

### ● محتوى النباتات الراقية من عنصر النحاس Plant content:

يتراوح محتوى المادة الجافة للأوراق من عنصر النحاس بين ٣-٧ جزء/ مليون. بينما حدود السمية تبدأ عند ٢٠ إلى ٣٠ جزء/ مليون وتستطيع النباتات أن تتحمل تركيزات من النحاس تتراوح بين ٢٠ إلى ٢٠٠ جزء/ مليون فى حالة إضافة النحاس على صورة المبيدات الفطرية Fungicides.

### ● علاقة عنصر النحاس ببعض العناصر الأخرى (التفاعلات)

#### :Interactions

يحدث أن يتداخل عنصر النحاس مع تمثيل الحديد داخل النبات وينتج عن ذلك ظهور أعراض نقص الحديد. وأما فى حالة تفاعله مع عنصر الموليبدنيوم فإنه قد يحدث تداخل النحاس مع الأنزيمات التى تقوم بعملية اختزال النترات.

### ● أعراض نقص النحاس على النباتات الراقية Deficiency Symptoms:

(انظر ملزمة الألوان)

- خفض معدل نمو النباتات.

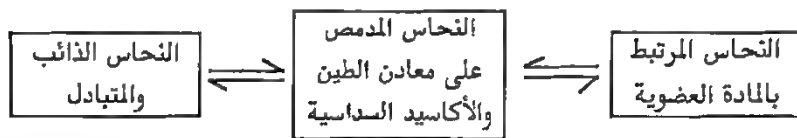
- تظهر الأوراق الخضراء باللون الأصفر ثم ينتشر اللون الأصفر على كل النبات.
- بزيادة النقص تموت أنسجة النبات من القمة إلى حواف الأوراق.
- تتحطم الأنسجة العليا والقلم في محاصيل الحبوب الصغيرة.
- يظهر النقص في محاصيل الخضر على الأوراق وعلى الأزهار.

### ● أعراض زيادة عنصر النحاس على النباتات الراقية Symptoms of excess

- تشجع زيادة عنصر النحاس على حدوث نقص في الحديد الذي يظهر على صورة مرض الاصفرار Chlorosis.
- يقلل من نمو وتكوين الجذور.

### ● صور النحاس الميسرة للنبات في التربة Available soil forms

النحاس الموجود في الصورة ثنائية التكافؤ  $Cu^{2+}$  سواء كانت ذائبة في المحلول الأرضي أم متبادلة هي الميسرة لامتصاص النبات وكذلك صورة معقدات غير عضوية مثل  $CuOH^+$  أو عضوية مع الأحماض العضوية. ويوجد معظم النحاس في التربة على صورة معقدات عضوية مع أحماض الهيويك والفاليك بينما يكون تركيز الصورة الذائبة في المحلول الأرضي قليلة جدا وخصوصا في الأراضي الجيرية القاعدية ويرجع ذلك لارتفاع رقم pH الأرض ويصاحب كل ارتفاع في pH الأرض مقداره وحدة واحدة انخفاض في تركيز النحاس بمقدار مائة مرة ويتحكم في تركيز النحاس الذائب في الأرض صور النحاس الأخرى وخاصة النحاس المدمص على الطين والأكاسيد السداسية والنحاس المرتبط بالمادة العضوية حيث يوجد اتزان ما بين هذه الصور الثلاثة كما يلي:



فإذا انخفض تركيز النحاس الذائب في المحلول الأرضي نتيجة امتصاص جذور النباتات له فإن جزءا من النحاس الموجود في الصور الأخرى ينطلق إلى المحلول الأرضي ليعوض الانخفاض في التركيز ويزيد تركيزه مرة أخرى في المحلول الأرضي. ويحدث العكس في حالة إضافة مركبات نحاس ذائبة في التربة.

## عنصر الحديد Iron:

### ● مدى احتياج النبات له ووظائفه Requieremnts & Functions:

- من العناصر الغذائية الضرورية الصغرى Micronutrients ويقوم بالوظائف التالية:
- يدخل فى تركيب العديد من النظم الأنزيمية مثل السيتوكروم Cytochrome.
- له علاقة بأنزيمات البيروكسيداز Peroxidase ولهذا فهو ضرورى فى بعض عمليات التنفس.
- مكون لمركب البروتين فيريدوكسين Protein Ferredoxin.
- يلعب دورا هاما فى عمليات الأكسدة والاختزال.
- يساعد فى اختزال النترات والكبريتات.
- يدخل فى المواد المخليبية وله دور فى تمثيل النيتروجين داخل النبات N Assimilation.
- له علاقة بتكوين الكلوروفيل ويعمل كعامل مساعد للأنزيمات المتحكمة فى تكوين هذه المادة.
- يساعد على عملية تمثيل البروتين.
- يساعد على تكوين النموات الميرستيمية فى قمم الجذور.
- ضرورى للتحويلات الأنزيمية.

### ● محتوى النباتات الراقية من عنصر الحديد Plant content:

تختلف النباتات فيما بينها فى قدرتها على امتصاص الحديد من الأرض ويوجد هذا الاختلاف حتى بين الأصناف التابعة للنوع النباتى الواحد. وقد لوحظ ذلك فى كل من الذرة وفول الصويا والفول السودانى والبطاطم. حيث قد يكون هناك صنف معين قادراً على امتصاص كميات كبيرة من الحديد مما يسد احتياجه من العنصر بينما يعانى صنف آخر ينمو فى نفس الأرض من الاصفرار لعدم قدرته على امتصاص الحديد بكفاءة كبيرة ويبدو أن عملية امتصاص الحديد بواسطة الجذور وترحيله إلى الأجزاء الهوائية فى النبات محكومة بالعوامل الوراثية له. وتستطيع النباتات ذات الكفاءة العالية فى امتصاص الحديد أن تغير الظروف البيئية فى الأرض وتزيد من تيسر الحديد بالتربة.

يتراوح تركيز الحديد في المادة الجافة للأوراق من ١٠ إلى ١٠٠٠ جزء/ مليون وتتراوح مدى الكفاية من ٥٠ إلى ٧٥ جزء/ مليون مع أن الكمية الكلية لا تعبر عن الكفاية منه حيث إن معظم الحديد في النبات يوجد على الصورة غير النشطة وهي الحديدك ( $Fe^{+3}$ ) ممثلة في مركب فوسفوبروتين الحديد Ferric phosphoprotein بينما الصورة النشطة للحديد (Active ion) داخل النبات توجد على صورة أيونات الحديدوز ( $Fe^{+2}$ ). Ferrous.

### ● وسائل زيادة صلاحية الحديد في الأرض بواسطة بعض النباتات:

- إفراز أيونات الهيدروجين من الجذر مما يؤدي إلى ذوبان الحديد حوله.
- إفراز الجذر لمواد مختزلة تختزل الحديد وتزيد ذوبانه.
- زيادة تركيز الأحماض العضوية في الجذور وخاصة حامض الستريك.
- ترحيل الحديد من الجذر إلى الساق بسرعة.
- قلة تراكم الفوسفور في الجذور والسيقان حتى إذا كان تركيز الفوسفور عاليا في وسط النمو.

### ● أعراض نقص الحديد على النباتات الراقية Deficiency symptoms: (انظر ملزمة الألوان)

- تظهر الأوراق الحديثة صفراء اللون وهذا ما يسمى بمرض الاصفرار Chlorosis وهو من أهم أعراض نقص عنصر الحديد على النباتات وبزيادة النقص فإن مرض الاصفرار قد يمتد إلى الأوراق المسنة.
- عند اشتداد نقص الحديد تموت حواف الأوراق ونهاية الفُريعات ومن الجدير بالذكر أن نقص الحديد يحدث على النباتات النامية في الأراضي الجيرية والقلوية على الرغم من وجود الفوسفات بمستويات مرتفعة وغالبا تعاني أشجار الفاكهة النامية في أراضي جيرية من نقص الحديد.

### ● وتقسم النباتات من حيث شدة تأثرها بنقص الحديد إلى:

- نباتات حساسة: مثل الموالح- العنب- الفول- الطماطم.
- نباتات متوسطة الحساسية: مثل الشعير- القمح- الذرة- القطن- برسيم حجازي- الخضراوات.

- نباتات منخفضة الحساسية: مثل التفاح- البطاطس- بنجر السكر.

## ● أعراض زيادة عنصر الحديد على النباتات الراقية Symptoms of excess:

تتحمل النباتات تراكم تركيزات من الحديد تصل إلى عدة مئات من أجزاء/ مليون دون أن تظهر أعراض السمية عليها. وعموماً فإن وجوده بتركيزات مرتفعة تسبب ظهور أعراض السمية على النباتات والتي تتمثل في ظهور الأوراق باللون البرونزي مع وجود بقع بنية خفيفة. وغالبا ما تظهر أعراض السمية بعنصر الحديد بوضوح على نباتات الأرض.

## ● علاقة الحديد ببعض العناصر الأخرى (التفاعلات) Interactions:

- يقلل المحتوى المرتفع من عنصر الفوسفور داخل النبات من ذوبان الحديد. وتعتبر النسبة ٢٩ : ١ هي النسبة المتوسطة بين الفوسفور: الحديد في معظم المحاصيل.

- يشجع عنصر البوتاسيوم حركة وذوبان الحديد في النبات بينما يحدث العكس مع عنصر النتروجين الذي يشجع النمو الخضري وبالتالي تظهر أعراض نقص الحديد على النباتات (Dillution effect).

- أيون البيكربونات يؤثر على انتقال الحديد داخل النبات وغالبا ما يحدث هذا في الأراضي الجيرية والتي تحتوى على تركيز مرتفع من كربونات الكالسيوم والتي تعطى عند تفاعلها مع ثاني أكسيد الكربون أيون البيكربونات كما يلي:



ويؤدى ارتفاع تركيز أيون البيكربونات في الأرض إلى زيادة امتصاصها بواسطة الجذور مما يرفع PH النسيج النباتي الذى يتبعه ترسيب الحديد في الجذور فلا يتم ترحيله للأوراق.

## ● الصور الذائبة من الحديد فى النبات Soluble forms:

تعتبر كمية أيون الحديدوز ( $\text{Fe}^{2+}$ ) المستخلصة بمحلول حامض الخليك ٢٪ أفضل الطرق التى تعبر عن حالة الحديد Iron status بينما استخدام الكمية الكلية Total iron لا يعبر عن حالته.



## ● صور الحديد الميسرة للنبات فى التربة Available soil forms:

على الرغم من أن كمية الحديد الكلية فى الأراضى كبيرة إلا أن معظم الأراضى تحتوى على تركيز منخفض جدا من الحديد الذائب فى المحلول الأراضى، ويوجد الحديد الذائب فى التربة على عدة صور تشمل أيونات الحديدىك الثلاثية  $Fe^{+3}$  وأيونات الحديدوز الثنائية التكافؤ  $Fe^{+2}$  ومعقدات الحديد  $Fe(OH)^{++}$  كذلك يوجد الحديد الذائب على صورة معقدات مع المواد العضوية الذائبة. ومن الجدير بالذكر أن خفض كل من رقم PH التربة وجهد الأكسدة والاختزال تؤدي إلى سيادة أيونات الحديدوز  $Fe^{+2}$  فى المحلول الأراضى وعلى هذا فالجذور التى لها القدرة على إنتاج أحماض تساعد على خفض رقم ال-PH فى منطقة الريزوسفير تؤدي إلى انطلاق الحديد من المركبات المعقدة فى صورة ميسرة لامتصاص النبات.

## عنصر المنجنيز Manganese

### ● مدى احتياج النبات له ووظائفه Requirement & Functions:

المنجنيز من العناصر الغذائية الضرورية الصغرى Micronutrients ويقوم بالوظائف التالية:

- يدخل فى عمليات الأكسدة والاختزال عن طريق نقل الإلكترونات فى نظام التمثيل الضوئى.
- عامل مساعد للعديد من الأنزيمات.
- له علاقة بتكوين جزيء الكلوروفيل.
- مرتبط بتكوين بعض الأحماض الأمينية والبروتينات.

### ● محتوى النباتات الراقية من المنجنيز Plant contents:

إذا احتوت المادة الجافة للأوراق الناضجة على تركيز من المنجنيز يتراوح من ١٠ إلى ٥٠ جزء/مليون فإن هذا يعتبر كافيا لمعظم النباتات. وقد تصل مستويات المنجنيز فى الأنسجة النباتية إلى ٢٠٠ جزء/مليون أو أكثر دون أن يلاحظ على النباتات أعراض السمية ويختلف هذا بالنسبة للمحاصيل المختلفة فلا تظهر أعراض السمية على النباتات التالية إذا احتوت أنسجتها على التركيزات من المنجنيز كما فى الجدول:

المحصول	أقصى تركيز من المنجنيز فى أنسجة النبات دون ظهور أعراض السمية جزء/ مليون
فول الصويا Soyabean	٦٠٠
القطن Cotton	٧٠٠
البطاطا Sweet Potatoes	١٣٨٠

● علاقة المنجنيز ببعض العناصر الأخرى (التفاعلات) Interactions:

لم تثبت حتى الآن أن عنصر المنجنيز يتداخل مع تمثيل أو امتصاص أى من العناصر الغذائية الأخرى الضرورية.

● أعراض نقص المنجنيز على النباتات الراقية Deficiency symptoms:  
(انظر ملزمة الألوان)

— ضعف فى نمو النبات.

— يظهر الاصفرار على الأوراق حديثة النمو.

— تكون بقع رمادية اللون على الأوراق السفلية.

— تبقع الأوراق ببقع مبعثرة تشبه فى شكلها وتوزيعها رقعة الشطرنج.

— قد تتساقط الأوراق وكذلك الأزهار فى حالة النقص الشديد.

وتظهر أعراض نقص المنجنيز دائما على النباتات النامية فى الأراضى القاعدية ذات الـ pH المرتفع مثل الأراضى الجيرية وكذلك الأراضى ذات المحتوى العالى من المادة العضوية حيث تكون مع المنجنيز مركبات غير ذائبة تقلل من تيسره للنبات. هذا بالإضافة إلى أن الأراضى الرملية تكون فقيرة المحتوى من المنجنيز الذائب. وتختلف النباتات فيما بينها بالنسبة لحساسيتها لنقص المنجنيز ويمكن تقسيمها كما فى الجدول التالى:

النباتات	درجة الحساسية لنقص المنجنيز
موالح- خوخ- فول- فول صويا- قمح- بسلّة- بطاطس	نباتات عالية الحساسية
ذرة- برسيم- بنجر سكر- طماطم	نباتات متوسطة الحساسية
القطن	نباتات ذات حساسية منخفضة

وتستنزف النباتات كمية من المنجنيز تتراوح ما بين ٠,٢٥ - ٠,٥ كجم/ فدان ويمكن علاج نقص المنجنيز في النباتات عن طريق إضافة الأسمدة المحتوية عليه :

### ● أعراض زيادة عنصر المنجنيز على النباتات الراقية Symptoms of excess

زيادة المنجنيز في وسط النمو تسبب عادة تسمم النبات وتظهر عليه الأعراض التالية :

- ١ - تظهر على الأوراق المسنة بقع بنية اللون محاطة بمنطقة صفراء على شكل دائري.
- ٢ - تظهر بقع سوداء اللون Black specks على ثمار الفاكهة ذات النواة الحجرية.

### ● صور المنجنيز الميسرة للنبات في التربة Available forms:

يوجد المنجنيز في المحلول الأرضي Soil Solution على صورة كاتيونات ثنائية  $Mn^{2+}$  ورباعية التكافؤ  $Mn^{4+}$  وأيضا يوجد على صورة متبادلة على سطح غرويات التربة ويتأثر تيسر المنجنيز بدرجة كبيرة على رقم PH التربة حيث ينخفض التيسر بزيادة رقم PH التربة.

### عنصر الموليبدنيوم Molybdenum:

### ● احتياج النبات له ووظائفه Requirements & Functions:

هو عنصر من العناصر الغذائية الصغرى الضرورية للنبات Micrountrients ويقوم بالوظائف التالية داخل النبات :

- يدخل فى تركيب اثنين من النظم الأنزيمية الهامة وهى النتروجينيز Nitrogensase واختزال النترات Nitrate reductase الضرورية فى عملية اختزال النترات إلى نشادر.

- له علاقة بتكوين حامض الإسكوربيك Ascorbic acid فى النبات.

- لا يمكن للبكتيريا المثبتة للنتروجين الجوى من نوع الأزوتوباكيز Azotobacter أن تثبت النتروجين فى عدم وجود عنصر الموليبدنيوم وهذا دليل على أن العنصر له علاقة بالنظام الأنزيمى الذى يثبت النتروجين لهذه البكتيريا.

### ● محتوى النباتات الراقية من الموليبدنيوم Plant content:

عادة يقل محتوى المادة الجافة للورقة من الموليبدنيوم عن جزء واحد/ مليون ويعزى هذا إلى المحتوى المنخفض جدا من الموليبدات فى المحلول الأرضى. وعادة تحتوى النباتات على تركيز من الموليبدنيوم يتراوح من ٠,٣٤ إلى ١,٥ جزء/ مليون.

### ● علاقة الموليبدنيوم ببعض العناصر الأخرى (التفاعلات): Interaction:

يزداد امتصاص الموليبدنيوم فى حالة استخدام النترات كمصدر للنتروجين وعموما فإن عنصرى الفوسفور والمغنسيوم يشجعان على الامتصاص ولهذا فإضافة أملاح الموليبدنيوم عند نقصه بالتربة مخلوطة بالسوبر فوسفات يشجع على امتصاص العنصرين وهى تعتبر طريقة سهلة لإضافة Mo بكميات قليلة إلى التربة بينما يقلل أنيون الكبريتات من امتصاص النبات للموليبدنيوم حيث يوجد تنافس بين أيون الكبريتات والموليبدات ولذلك فإن الهدف من إضافة الجبس الزراعى  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  إلى الأراضي القلوية والتي يزداد فيها تركيز الموليبدنيوم الميسر لامتصاص النبات إلى حد السمية هو:

- توفير أيون الكبريتات الذى يتنافس مع أيون الموليبدات من حيث امتصاص النبات لهما.

- خفض رقم الـ PH مما يقلل من تيسير الموليبدنيوم للنبات.

قد يستخدم الكبريت أو الأسمدة التى تخفض من رقم PH التربة لنفس الهدف.

## ● أعراض نقص الموليبدنيوم على النباتات الراقية Deficiency symptoms :

تظهر أعراض نقص الموليبدنيوم على النباتات النامية فى الأراضى الحامضية، ويلاحظ أن أكثر المحاصيل حساسية لنقصه هى المحاصيل البقولية التى تحتاجه فى عملية تثبيت النتروجين الجوى وتتلخص أعراض نقصه فيما يلى :  
- تتركز أعراض نقصه على الأوراق الحديثة الغضة فتصبح الأوراق فى شكل غير منتظم.

- ظهور بقع محترقة على الورق بين العروق.

- التفاف الأوراق وضعف الإزهار.

- حدوث مرض whip tail فى نبات الكرنب والقنبيط وفيه لا ينمو للأوراق أى نصل بل يتكون العرق الأوسط للورقة فقط معطية مظهر الذيل أو الكرياج حيث إن لها احتياجات عالية من هذا العنصر.

هذا ويعالج نقص الموليبدنيوم عن طريق رش النباتات بمحلول موليبدات الصوديوم أو الأمونيوم مخفف جدا.

## ● أعراض زيادة الموليبدنيوم على النباتات الراقية Symptoms of excess :

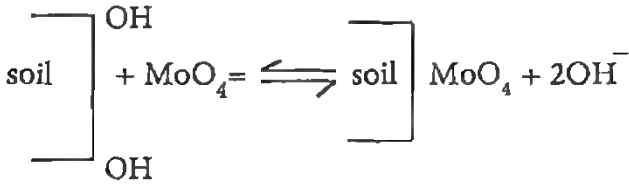
إن المحتوى العالى من الموليبدنيوم عادة لا يؤثر على النباتات ولكن قد يسبب تراكمه فى النباتات بتركيزات تصل ٥ أجزاء/ مليون موليبدنيوم أو أكثر حدوث تسمم للحيوانات التى تتغذى عليها، كما يحدث فى بغض المراعى التى تنمو تحت الظروف شديد القلوية.

## ● صورة الموليبدنيوم الميسرة للنبات فى التربة Available soil forms :

ويوجد الموليبدنيوم الذائب فى المحلول الأرضى على صورة أنيون الموليبدات ( $\text{HMoO}_4^-$ ) و ( $\text{MoO}_4^{2-}$ ) وتزداد الصورة ثنائية التكافؤ بارتفاع الـ pH حيث يزداد تيسره فى التربة عشرة أضعاف لكل زيادة فى رقم pH الأرض مقدارها الوحدة. وتركيز الموليبدنيوم الذائب فى الأرض منخفض جدا حيث يتراوح ما بين ٢ - ٨ أجزاء/ المليون ويتأثر تركيز الموليبدنيوم الذائب بكثير من العوامل أهمها :

- قوام الأرض.

- محتوى الأرض من الطين والأكاسيد السداسية: حيث يدمص بقوة على سطوح الطين والأكاسيد السداسية ويصبح على صورة غير قابلة للتبادل. وهناك تشابه بين ادمصاص الفوسفات وأنيونات الموليبدات حيث تحل أنيونات  $\text{MoO}_4^-$  محل مجاميع  $(\text{OH})$  على سطح الطين أو الأكاسيد السداسية والتفاعل التالي يوضح ذلك:



والتفاعل السابق يزداد بانخفاض رقم PH الأرض، وجزير بالذكر أن الموليبدات تأتي بعد الفوسفات من حيث قوة أو ادمصاصها على سطوح الطين.

- رقم PH الأرض: على عكس باقي المغذيات الصغرى يزداد تيسر عنصر الموليبدنيوم للنبات كلما ارتفع رقم PH التربة والسبب في ذلك أنه تحت ظروف القلوية يقل تثبيت الموليبدات بالادمصاص على سطوح الطين والأكاسيد السداسية. أما في الأراضي الحامضية فيقل ذوبانه نتيجة لتكوين مركبات غير ذائبة مع الحديد وقد وجد أن إضافة الجير إلى الأراضي الحامضية يؤدي إلى زيادة تيسره للنباتات، حيث تقوم مجاميع الأيدروكسيل بالإحلال محل الموليبدنيوم المدمص على سطوح التربة وتحويله إلى صورة ذائبة في المحلول.

### عنصر الزنك Zinc

#### ● مدى احتياج النبات له ووظائفه Requirement & Functions

الزنك من العناصر الغذائية الضرورية الصغرى Micronutrients ويقوم بالوظائف التالية داخل النبات:

- يؤثر على نشاط هرمونات النمو في النبات.

— يدخل ضمن العناصر المكونة لأنزيم كربونيك انهدريز carbonic anhydease والذي يؤدي إلى هدم حامض الكربونيك إلى ثاني أكسيد الكربون  $\text{CO}_2$  وماء  $\text{H}_2\text{O}$ .  
— له علاقة بتكوين الكلوروفيل.

— يتحكم إلى حد ما في كمية الماء التي يمتصها النبات وذلك لأنه يؤدي إلى تكوين إندول أستيك أسيد Indole acetic acid الذي يزيد من امتصاص الماء.  
— ضروري لتكوين الحامض الأميني تربتوفان Tryptophane والذي ينشأ من الهرمون النباتي أندول أستيك أسيد Indole acetic acid.

### ● محتوى النباتات الراقية من الزنك Plant content:

تتراوح الكمية الكافية لمحتوى المادة الجافة للأوراق كاملة النضج ما بين ١٥ إلى ٥٠ جزءاً/ مليون إلا أنه في بعض النباتات لا يظهر عليها أعراض النقص إذا احتوت على تركيز من الزنك أقل من ١٢ جزءاً/ مليون. ومن الجدير بالذكر أن كميات صغيرة من الزنك قد تصل أقل من ١ إلى ٢ جزءاً/ مليون ربما تكون كافية لتفصل بين حد النقص والكفاية للزنك في النبات. وهناك بعض النباتات تستطيع أن تجمع كميات من الزنك تصل لعدة مئات من الأجزاء/ مليون دون أن يؤثر بالضرر على تلك النباتات.

### ● علاقة عنصر الزنك ببعض العناصر الأخرى (التفاعلات): Interactions:

— أثبت العديد من الدراسات أن زيادة عنصر الفوسفور في التربة عن طريق إضافة الأسمدة الفوسفاتية تقلل من تيسر عنصر الزنك في الأراضي. والسبب في هذه الظاهرة غير واضح تماماً حيث يرى البعض أن التركيز العالي من الفوسفور الذائب قد يؤدي إلى ترسيب الزنك على صورة فوسفات زنك مما يتبعه انخفاض تركيز الزنك الذائب. ويعارض البعض هذا التفسير لتأثير الفوسفات على تيسر الزنك وذلك لأن فوسفات الزنك قابلة للذوبان بدرجة متوسطة قد تكون أكبر من ذوبان فوسفات الكالسيوم ذاتها، ويميل بعض العلماء إلى إرجاع السبب في التأثير السلبي للفوسفات بدرجة كبيرة إلى التأثير الفسيولوجي المتبادل بين الفوسفور والزنك داخل النبات وليس في التربة.

- زيادة الزنك فى القربة تقلل من امتصاص جذور النبات لعنصر المنجنيز.
- تقلل كربونات الكالسيوم من ذوبان الزنك وتحوله إلى صورة كربونات زنك ( $ZnCO_3$ ) قليلة الذوبان.

### ● أعراض نقص الزنك على النباتات الراقية Deficiency symptoms:

- تظهر أعراض نقص الزنك على النبات فى صورة اصفرار بين العروق للأوراق الحديثة وإذا زاد النقص يمتد الاصفرار إلى العروق ذاتها.
- يقل طول السلاميات وقد تميل الأوراق للتغلط.
- يصغر حجم الأوراق وتستطيل الورقة.
- بشدة النقص تموت الأوراق وتسقط من على النبات.
- تتجمع الأوراق الطرفية حول بعضها مكونة ما يشبه الوردة (يظهر مرض التورد على البراعم (Rosetting) وقد يموت البرعم الطرفى).
- فى حالة أوراق الحمضيات يصبح ملمسها زيتيا وتموت أطراف بعض الأغصان.
- سقوط الثمار وانخفاض المحصول.
- وعموما فإن النباتات تختلف فيما بينها من حيث درجة حساسيتها لنقص الزنك فى وسط النمو ويمكن تقسيم النباتات تبعا لدرجة حساسيتها للزنك إلى:

النباتات	درجة الحساسية لنقص الزنك
الذرة - القول البلدى - فول الصويا عباد رب الشمس - الأرز - الكتان - العنب - الموالح - الحلويات - البكان.	نباتات حساسة لنقص الزنك
البرسيم الحجازى - البرسيم - الذرة الرفيعة - القطن - حشيشة السودان - البطاطس - بنجر السكر - الطماطم.	نباتات متوسطة الحساسية للزنك
البسلة.	نباتات غير حساسة للزنك.



## ● أعراض زيادة عنصر الزنك على النباتات الراقية Symptoms of

excess:

تظهر النباتات الحساسة صفراء اللون.

### ● صورة الزنك الميسرة للنبات في التربة Available soil forms:

- يوجد الزنك الميسر لامتصاص النبات على عدة صور مثل الصورة الذائبة في المحلول الأرضي إما على صورة كاتيون ثنائي التكافؤ  $Zn^{+2}$  وإما على صورة معقدات غير عضوية أو عضوية ذائبة وينخفض تركيز الزنك الذائب في المحلول الأرضي كثيرا في الأراضي الجيرية والقاعدية.

- كذلك يوجد الزنك الميسر على الصورة المتبادلة Exchangeable وفيها يوجد على صورة متبادلة على سطوح غرويات التربة المعدنية والعضوية وذلك إما على صورة كاتيون ثنائي التكافؤ  $Zn^{+2}$  وإما على صورة معقدات أحادية التكافؤ مثل  $ZnOH^+$  و  $ZnCl^+$ .

- معقدات عضوية ذائبة Organically complexed zinc.

\* ويتأثر تيسر الزنك في التربة بعدة عوامل منها:

١ - رقم pH التربة: يقل ذوبان الزنك ويتسرب على صورة أيدروكسيدات زنك

$Zn(OH)_2$  وكربونات زنك قليلة  $ZnCO_3$  الذوبان في الأراضي القلوية والجيرية.

٢ - محتوى التربة من الطين والأكاسيد السداسية: حيث يدمص الزنك على سطح

تلك الغرويات على صورة غير قابلة للتبادل تقلل من تركيز الزنك الذائب في

المحلول الأرضي.

٣ - المادة العضوية: قد يكون دورها إيجابيا أو سلبيا على تيسر الزنك حيث تكون

معه معقدات عضوية ذائبة مثل الأحماض العضوية ذات الوزن الجزيئي الصغير

أو يكون تأثيرها سلبياً حيث تكون المركبات العضوية ذات الوزن الجزيئي الكبير

مثل اللجنين معقدات غير ذائبة (تثبت الزنك على صورة غير ميسرة للنبات).

- ٤ - غمر الأراضي بالماء: تظهر أعراض نقص عنصر الزنك على نباتات الأرز المزروعة في ظروف الغمر ويرجع البعض السبب في ذلك إلى نقص تيسر الزنك نتيجة لترسيبه على صورة معدن كبريتور الزنك ( $ZnS$ ) أو الفرائكلينيت  $ZnFe_2O_4$  القليلة الذوبان ولهذا ينصح برش نباتات الأرز بمحلول من كبريتات الزنك لتعويض نقصه تحت ظروف الغمر هذه.
- ٥ - محتوى الفوسفور في التربة: حيث يقل تيسر الزنك بارتفاع تركيز الفوسفور الميسر في التربة (انظر علاقة الزنك بالعناصر الأخرى).

\*\*\*

## الباب الخامس

### أسس تقدير الاحتياجات السمادية للنباتات الراقية

تعتبر إضافة الأسمدة- عند زراعة المحاصيل المختلفة بالكميات الكافية لسد احتياجات تلك المحاصيل وبصورة متوازنة بين العناصر- من أهم مقومات الحصول على المحصول الاقتصادي ولذا لا بد وأن يوضع فى الاعتبار بعض النقاط عند تحديد الاحتياجات السمادية منها:

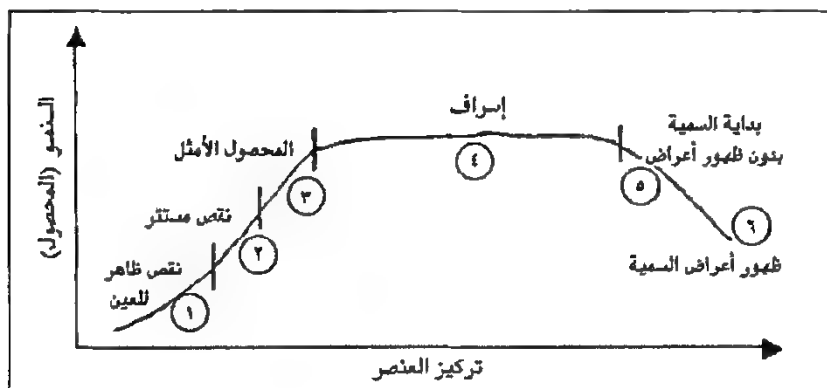
- احتياجات المحصول المنزرع من العناصر المختلفة.
- العوامل البيئية السائدة فى المنطقة.
- المعاملات الزراعية المختلفة.
- حالة خصوبة التربة وقدرتها على إمداد المحصول بالكميات المطلوبة من كل عنصر فى الوقت المناسب وتتلخص الأسس التى يقوم عليها تقدير حاجة المحصول للتسميد فيما يلى:
- الأعراض الظاهرية لنقص العناصر.
- اختبارات التربة.
- تحليل النبات.

#### أولاً: الأعراض الظاهرية لنقص العناصر:

يمكن استخدام الأعراض الظاهرية لنقص العناصر على الأوراق لتحديد حاجة المحصول للتسميد، وعلى الرغم من أهمية التشخيص الظاهرى للتعرف على الحالة الغذائية للنباتات فى المزرعة، إلا أنه لا يمكن الاعتماد على هذه الطريقة فقط فى تحديد الاحتياجات السمادية للأسباب التالية:

- تشابه أعراض نقص بعض العناصر على النباتات.

- فى المحاصيل قصيرة العمر تظهر أعراض نقص العناصر فى مراحل متأخرة يصعب خلالها معالجتها بإجراء عمليات التسميد اللازمة لفوات الأوان وقرب انتهاء عمر النبات.
- التشابه الذى يحدث فى حالة النقص الحقيقى والنقص الناتج عن عوامل أخرى مثل زيادة محتوى الرطوبة بالتربة أو الحالات المرضية فيكون من الصعوبة التفرقة بينها.
- وجود حالات نقص للعناصر لا تؤدي بالضرورة إلى ظهور أعراض ظاهرية على النباتات مثل النقص المستتر- ويوضح الشكل البياني التالى وجود ست مراحل لمستوى أداء العنصر تبعاً لتركيزه داخل النبات.



شكل (١٠) العلاقة بين تركيز العنصر داخل النبات ومستوى الأداء الوظيفى له

- ومن الرسم البيانى يمكن تحديد ست مراحل لمستوى أداء العنصر داخل النبات تبعاً لتركيزه كما يلى: (شكل ١٠)
- المرحلة الأولى (نقص ظاهر للعين): تظهر أعراض نقص ظاهرية على النبات يمكن رؤيتها بالعين المجردة وتؤدي هذه الظاهرة إلى نقص فى المحصول وانخفاضه.
- المرحلة الثانية (نقص مستتر للعنصر): ولا يمكن ملاحظته بالعين المجردة ولكن يمكن التعرف عليه بإجراء التحليل الكيمياوى للنبات. ويؤدي إلى نقص المحصول.

- المرحلة الثالثة (مظهر عام جيد للنبات): وهى مرحلة المحصول الأمثل نتيجة الإمداد الجيد من مختلف العناصر وكذلك التسميد المتوازن..

- المرحلة الرابعة (مرحلة الإسراف فى إضافة العناصر): حيث يكون النمو جيداً ولكن أية إضافة للأسمدة لا يقابلها زيادة فى المحصول وبالتالي تعتبر إسرافاً.

- المرحلة الخامسة (بداية السمية): وتحدث نتيجة زيادة تركيز بعض العناصر داخل النبات الأمر الذى يؤثر على نقص المحصول دون ظهور أعراض السمية.

- المرحلة السادسة (ظهور أعراض السمية): حيث يؤدى تركيز العنصر الزائد فى هذه الحالة إلى ظهور أعراض السمية على النباتات يمكن رؤيتها بالعين المجردة وينخفض المحصول.

ومن الجدير بالذكر أن المراحل من ٢- ٥ لا ترى بالعين المجردة ولا يتم اكتشافها إلا بإجراء التحليل الكيماوى للنباتات، ولهذا يجب على المزارع لكى يتعرف على الحالة الغذائية لمحصوله بصورة متكاملة أن يقوم بإجراء التحليل الكيماوى للنباتات إلى جانب استخدام الأعراض الظاهرية وذلك حتى يمكنه أن يضبط عمليات التسميد الخاصة بالمحصول الذى يزرعه.

ويجب على القائم بمتابعة أعراض نقص العنصر فى الحقل أن يضع فى اعتباره أنه قد يظهر نقص عنصر واحد بوضوح فى حين اختفاء أعراض نقص بعض العناصر الأخرى .. الأمر الذى يجعل الاعتماد على أعراض النقص الظاهرية فقط فى تحديد الاحتياجات السمادية للنباتات غير مجدٍ. وقد أثبتت الدراسات العديدة التى تناولت حالة العناصر الصغرى فى مصر أن معظم المحاصيل تعاني من نقص عناصر الحديد والمنجنيز والزنك وأحياناً النحاس ويتوقف أعراض نقص أحد هذه العناصر فى حقل ما على نوع التربة والمحصول واحتياجاته من كل عنصر. وعموماً تظهر أعراض نقص العناصر على النباتات نتيجة أحد الأسباب التالية:

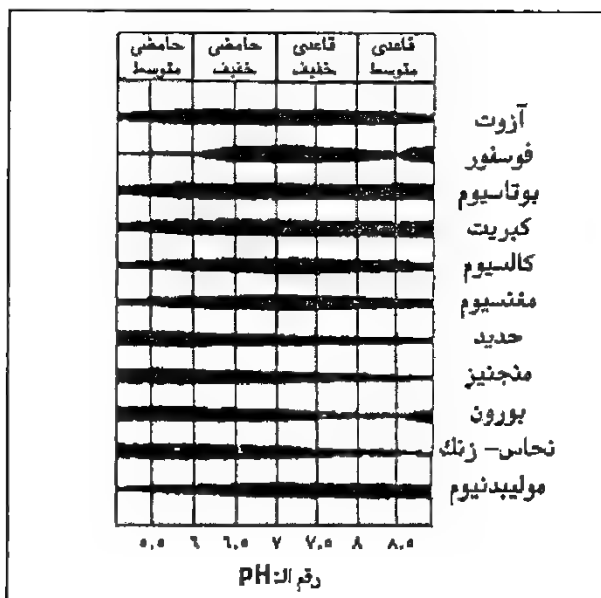
- فقر التربة فى محتواها من الكمية الكلية من العنصر لسد احتياجات النبات وهو ما يعرف بالنقص الحقيقى.

- عدم استطاعة النبات الاستفادة من العنصر فى التربة بالرغم من وجوده بكمية كافية، أى إن الكميات الصالحة لامتصاص النبات أقل من احتياجاته نتيجة لوجود بعض العوامل الأرضية التى تقلل من تيسر العنصر وهو ما يعرف بالنقص البيئى.

وفيما يلي استعراض لبعض العوامل التي تؤدي إلى ظهور أعراض نقص العناصر على النباتات النامية :

#### ١ - درجة حموضة التربة (PH) :

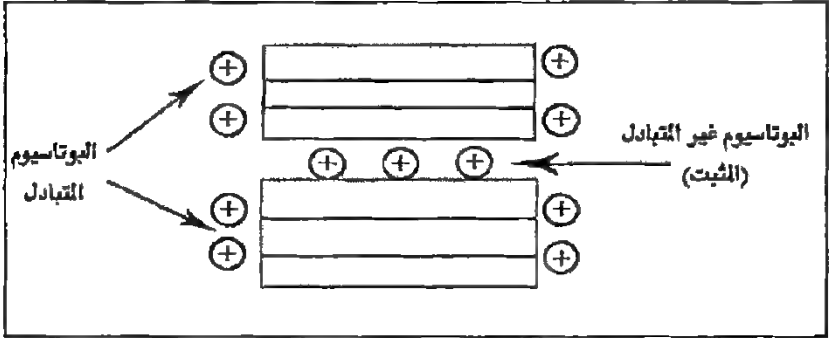
لكل عنصر رقم PH أمثل لتيسره في التربة ، وكلما كان مناسباً زادت الكمية الميسرة من العنصر للنبات ، ويؤدي ارتفاع رقم PH الأرض إلى أكثر من ٧ إلى ظهور أعراض نقص العناصر مثل الحديد والزنك والمنجنيز ويلاحظ أن معظم الأراضي المصرية ، يرتفع فيها رقم الـ PH عن ٧ وبالتالي غالباً ما يظهر أعراض نقص تلك العناصر على النباتات النامية عليها ، أما عنصر الموليبدنيوم فهو العنصر الوحيد الذي يزداد تيسره مع ارتفاع رقم PH التربة ويوضح الشكل (١١) رقم التربة الأمثل لامتصاص العناصر الغذائية.



شكل (١١) : تأثير رقم الأس الأيدروجيني (رقم الـ PH) للتربة على صلاحية العناصر الغذائية للامتصاص

## ٢ - كمية الطين بالتربة:

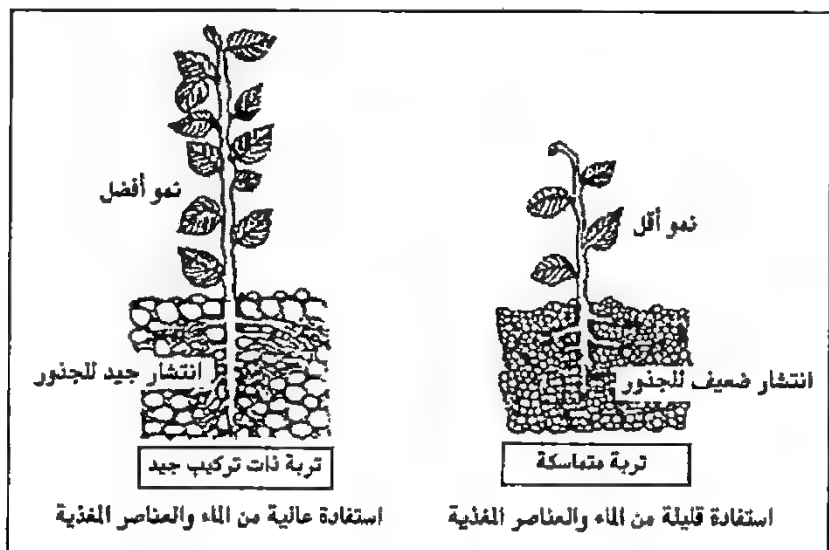
بزيادة نسبة الطين بالتربة تزداد الكمية المدمصة من عنصر البوتاسيوم على سطح حبيبات الطين الغروية مع زيادة الكمية المثبتة بين معادن طين ٢ : ١ (مثل الألييت) وبالتالي تقل الاستفادة من البوتاسيوم الموجودة بالتربة ويتطلب هذا زيادة الكمية المضافة من البوتاسيوم على صورة سماد لسد احتياجات النبات منه.



شكل (١٢) يوضح البوتاسيوم غير المتبادل (المثبت) بين طبقات معادن الطين

## ٣- بناء التربة:

يؤدي زيادة تماسك التربة إلى قلة انتشار الجذور بها وتقل قدرتها على امتصاص العناصر الغذائية في التربة. بينما في حالة الأراضي قليلة التماسك يزداد معدل فقد العناصر عن طريق الغسيل إلى أسفل منطقة الجذور. ويوضح الشكل (١٣) ذلك التأثير.



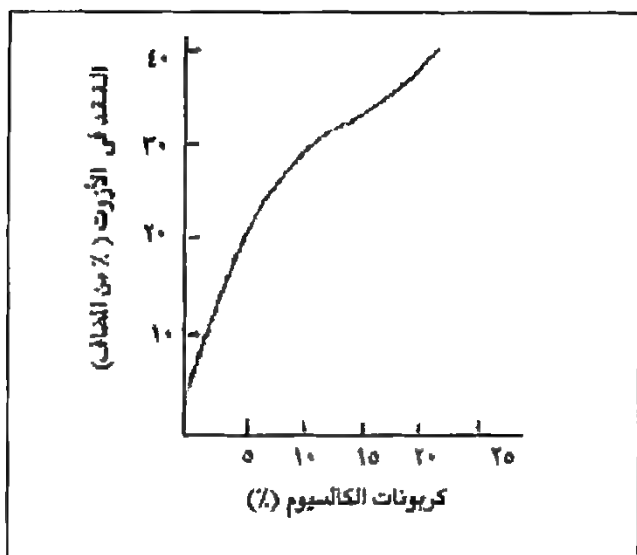
شكل (١٣): تأثير تماسك التربة على نمو الجذور وامتصاص الماء والعناصر المغذية

#### ٤ - نسبة كربونات الكالسيوم في التربة:

تؤدي النسب المنخفضة من كربونات الكالسيوم إلى أثر جيد على خواص التربة بينما تؤدي زيادة محتوى التربة منها - وخصوصاً في الأراضي الجيرية - إلى ظهور مشاكل من أهمها تقليل تيسر بعض العناصر الغذائية الكبرى (نيتروجين وفوسفور) والعناصر الصغرى (حديد - زنك ومنجنين) وبالتالي يقل امتصاصها بواسطة النبات. كما تقل أيضاً من كفاءة الأسمدة المضافة بل يزيد الأمر تعقيداً نتيجة تأثيرها على زيادة فقد النيتروجين النشادرى من سماد سلفات النشادر المضافة إلى الأراضي الجيرية ويوضح الشكل التالى.. تأثير محتوى التربة من كربونات الكالسيوم على فقد النيتروجين النشادرى من سماد سلفات النشادر المضافة.

وغالباً ماتظهر أعراض نقص العناصر على النباتات النامية في الأراضي الجيرية لذا تحتاج مثل تلك الحالات إلى وضع برنامج تسميدى خاص بها.





منحنى يوضح تأثير محتوى التربة من كربونات الكالسيوم  
على فقد النتروجين النشادرى من سماد سلفات النشادر

#### ٥- ملوحة التربة:

يجب إدخال هذا العامل فى الاعتبار حيث تؤثر الملوحة على الضغط الأسموزى للمحلول الأرضى مما يؤدى إلى عدم قدرة جذور النباتات على امتصاص العناصر الغذائية والماء من التربة بالرغم من تيسر تلك العناصر. هذا بالإضافة إلى اختلاف احتياج النباتات للتسميد باختلاف درجات ملوحة التربة ونوعية الأملاح السائدة بها. وعند حساب الاحتياجات السمادية لمحصول ما يجب وضع هذا العامل فى الاعتبار.

#### ٦- الصنف المنزوع:

من المعروف أن المحاصيل المختلفة تتباين فى احتياجاتها الغذائية. فالاختياجات الغذائية للذرة الشامية تختلف عن القمح وتلك تختلف عن القطن وهكذا. بل أكثر من ذلك فقد وجد أن أصناف المحصول الواحد تختلف فى قدرتها على الاستفادة من العناصر الموجودة بالتربة. وتلاحظ هذه الظاهرة على الأصناف المختلفة من

الطماطم والبسلة وفول الصويا والفراولة، فقد وجد ظهور أعراض نقص العناصر على صنف من تلك المحاصيل ولا تظهر على الصنف الآخر بالرغم من زراعة كلا الصنفين على نفس التربة.

#### ٧ - مرحلة النضج:

من المفروض ظهور أوراق النباتات في حالة صحية جيدة خلال مراحل النضج المختلفة. ولكن في بعض الأحيان تظهر أعراض نقص العناصر على بعض المحاصيل عند اقترابها من مرحلة النضج، ويعتقد المزارعون خطأ أن هذه الأعراض من علامات النضج ولكن في الحقيقة أن هذه الأعراض ما هي إلا دليل واضح على عدم كفاية العناصر لسد احتياجات المحصول الأمر الذي يؤدي إلى خفض في المحصول.

#### ● العوامل الواجب دراستها عند استخدام طريقة التشخيص الظاهري لنقص العناصر الغذائية على النباتات الراقية

وسوف نستعرض أهم العوامل الواجب دراستها عند التشخيص الظاهري للحالة الغذائية للنبات للفرقة بين احتمالات أعراض سوء التغذية (نقص أو زيادة) والاحتمالات الأخرى التي تؤثر على الشكل الظاهري للنبات. ومن هذه العوامل:

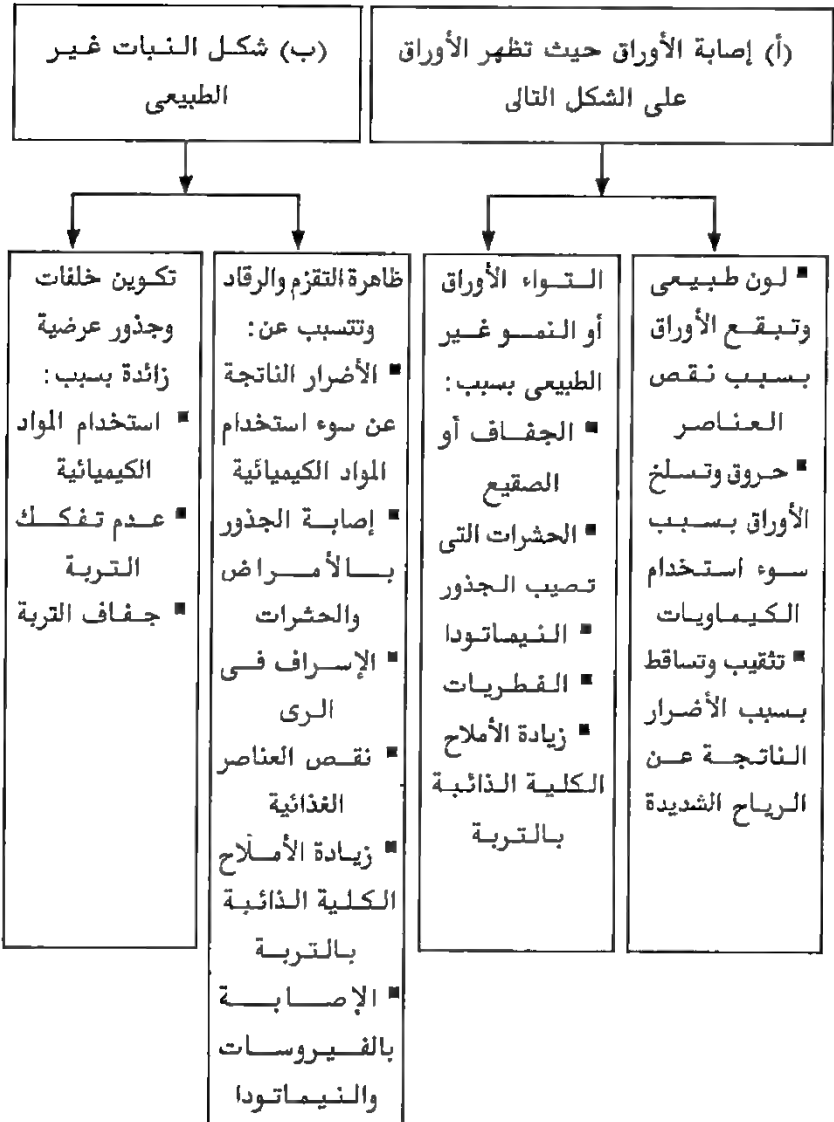
#### (أ) ظروف الزراعة:

- يجب معرفة المحاصيل السابقة والأصناف المنزرعة منها.
- يجب معرفة المعاملات السابقة مثل خدمة المحصول - الأسمدة التي أضيفت - المبيدات المضافة.
- العوامل البيئية والتي تشمل خصوبة التربة - درجة حرارة التربة - درجة حرارة الجو.
- توزيع الأعراض غير الطبيعية (الحالة العامة للنباتات في الحقل - الأعراض الظاهرية العامة - الأعراض الظاهرية على الأوراق).

(ب) : الأعراض الأخرى بالمزرعة: وتنقسم إلى :



(ج): الأعراض التي تظهر على النبات وتنقسم إلى :



## ثانياً: استخدام اختبارات التربة العملية لتقدير الاحتياجات السمادية للنباتات الراقية

المقصود باختبارات التربة هو تقدير خواص التربة الطبيعية والكيميائية ومحتواها من العناصر الغذائية. ويمكن عن طريق تلك التقديرات إجراء حسابات تقريبية لتقدير الكميات الميسرة من العناصر المغذية في منطقة الجذور Root Zone والتي يمكن أن يمتصها النبات والتعرف على خواص التربة التي تؤثر على درجة تيسر العناصر بها مثل رقم الـ PH ونسبة الطين وكربرات الكالسيوم بها وملوحة التربة ... وغيرها.

ولكى نستخدم طريقة اختبارات التربة لتحديد التوصيات السمادية يجب أن نراعى الدقة في أخذ عينة تربة ممثلة لأرض المزرعة تمثيلاً جيداً نظراً لاختلاف خواص التربة من منطقة إلى أخرى ويقع عدد كبير من القائمين على أخذ عينات التربة في خطأ نتيجة لعدم الاهتمام باتباع الإرشادات بدقة للحصول على عينة ممثلة للتربة نتيجة لعدم تدريبهم بدرجة كافية أو لتساهلهم عند أخذ عينة التربة.

ويمكن استخدام طريقة اختبارات التربة العملية لإعطاء فكرة عن حالة العناصر الغذائية الكبرى والصغرى في التربة من حيث تيسرها لامتصاص النبات كأحد الأسس التي يمكن الاعتماد عليها لوضع التوصيات السمادية إلى جانب استخدام الأعراض الظاهرية لنقص العناصر وتحليل النبات. وهناك بعض النقاط التي يجب مراعاتها عند إجراء اختبارات التربة مثل:

- يجب أخذ عينات التربة قبل التسميد لتجنب تأثير السماد المضاف على تقدير كمية العناصر الميسرة التي تم استخلاصها باختبار التربة.
- تؤخذ عينة التربة من منطقة انتشار الشعيرات الجذرية Root Zone.
- عدم استخدام أدوات تسبب تلوث العينة مع تجنب أسباب التلوث أثناء نقل أو إعداد العينة للتحليل.
- توحيد طرق القياس والتقدير في المعامل المختلفة لسهولة مقارنة القيم المتحصل عليها من الكميات المستخلصة من العناصر الغذائية من التربة.

- استخدام عينات اختبار قياسية Reference Samples دورياً معروفاً بها قيم العناصر الميسرة وذلك للتأكد من الأرقام المتحصل عليها.

ومن الجدير بالذكر أنه تحت ظروف التربة بالمناطق الجافة وشبه الجافة والتي منها الأراضي المصرية توجد بعض العوامل التي تؤثر على تيسر العناصر الغذائية وامتصاصها بواسطة النبات وكذلك على قيم الكميات الميسرة التي نستخلصها بواسطة اختبارات التربة نذكر منها على سبيل المثال لا الحصر مايلي:

- ارتفاع نسبة كربونات الكالسيوم.

- نسبة الطين. %.

- ملوحة التربة.

- ظروف الأكسدة والاختزال.

- المادة العضوية. %.

وللاستفادة من اختبارات التربة كاملاً يجب أن تؤخذ في الاعتبار بعض النقاط حتى يمكن تحويل الأرقام المتحصل عليها من نتائج تحليل التربة إلى توصيات سمادية مثل:

- التعرف على الصفات الوراثية للأصناف المنزرعة واحتياجاتها الغذائية وذلك من أجل وضع توصية سمادية سليمة.

- مراعاة الدقة عند إجراء تحليل التربة وعمل تحليلات مقارنة دورياً باستخدام العينات القياسية Reference Samples .

- توفر المعلومات الكافية لعمل ارتباط بين نتائج تحليل التربة والإنتاج الفعلي المتحصل عليه والاحتياجات السمادية المقترحة للحصول على هذا الإنتاج.

والنقاط السابقة تنطبق على عناصر المغذيات الكبرى والصغرى من حيث الكميات الميسرة في التربة المتحصل عليها من نتائج اختبارات التربة إلا أن هناك بعض النقاط الواجب وضعها في الاعتبار عند دراسة كميات المغذيات الصغرى المستخلصة بأحد اختبارات التربة وهي:

- لا يعتمد عليها بنفس الدرجة كما في حالة المغذيات الكبرى لكنها تعطي إشارة للحالة السائدة للعناصر الصغرى في التربة خاصة بالنسبة إلى حالات النقص.

- حتى يمكن الاستفادة التامة من أرقام اختبارات التربة المتحصل عليها لابد من وجود أرقام يتم تحديدها محلياً توضح الحد بين النقص والكفاية من العناصر الصغرى لكل محصول على حدة وأيضاً لكل صنف.
- لا تظهر حالات نقص العناصر الصغرى غير الحقيقي.
- صعوبة التقديرات والحسابات اللازمة للتعرف على حالة النقص بالمقارنة عما في حالة العناصر الكبرى.

وتتميز طريقة اختبارات التربة (التحليل المعملى للتربة) أنها تعطى معلومات سريعة عن مدى كفاية العناصر الغذائية الموجودة بالتربة لسد احتياجات النبات لإنتاج أعلى محصول. وبالرغم من هذا فإنه في حالة عناصر المغذيات الصغرى لا يمكن الاعتماد على تحليل التربة فقط. لذلك فإن اختبارات التربة للعناصر الغذائية الصغرى تعطى فكرة عامة وتكون مفيدة جداً في حالات وجود نقص واضح في كميات العنصر المتاحة في التربة، ولكن في بعض الحالات قد يظهر اختبار التربة أرقاماً تدل على وجود العنصر بكمية كافية ولكن هذا لا يعنى بالضرورة توفر العنصر على صورة ميسرة لامتصاص النبات وسد احتياجات المحصول النامي.

والإتجاه الحديث لوضع توصيات سمادية على أسس مناسبة هو استخدام نتائج اختبارات التربة بالإضافة إلى تحليل النبات وأيضاً الاستفادة من الأعراض الظاهرية لنقص العناصر على النبات. وبناء على ذلك فإننا سوف نستعرض استخدام طريقة تحليل النبات.

### ثالثاً : تحليل النبات Plant analysis

التحليل الكيمياوى للنباتات من الوسائل الفعالة التى تعطى نتائجها مؤشراً جيداً لدى قدرة النبات على الاستفادة من العناصر الغذائية الميسرة في التربة. ومن تحليل النبات يمكن تحديد مدى توفر العناصر من التربة لسد احتياجات المحصول النامي. فإذا كان العنصر موجوداً في التربة في صورة ميسرة لامتصاص النبات وبالقدر الكافى لسد احتياجاته منه مع توفر الظروف الأرضية الملائمة للامتصاص بكفاءة عالية فإن النبات

سوف يحتوى على كميات مرتفعة من هذا العنصر موزعة على أجزاء النبات المختلفة وبالتالي سوف ينمو بطريقة جيدة. ولذلك تعتمد طريقة تحليل النبات على ماسبق ذكره حيث إن تركيز العنصر داخل النبات هو انعكاس لحالة العنصر الميسرة فى التربة وبالتالي قدرة التربة على إمداد النبات النامى باحتياجاته من العنصر من عدمه. وفى طريقة تحليل النبات لابد من معرفة أرقام التركيزات الحرجة فى النبات لكل محصول وقد تم الاستدلال عليها من نتائج الأبحاث العديدة التى قام بها المهتمون بمجال تغذية النبات حيث أوضحت تلك البحوث التى أجريت على العديد من المحاصيل أن تركيز العنصر الواحد تختلف فى أجزاء النبات المختلفة، فتركيز عنصر ما فى الجذور تختلف عنه فى الساق والأوراق وهكذا وبالتالي كان من المهم عند وضع التركيزات الحرجة للعناصر فى النبات أن نحدد الجزء النباتى الذى سوف يؤخذ للتحليل نتيجة لاختلاف محتوى أجزاء النبات المختلفة من العنصر كما سبق ذكره. وعلى هذا يجب أن تتوفر الشروط التالية فى الجزء النباتى المناسب للتحليل Proper plant part :

١- الثبات Stability: يجب أن يظل تركيز العنصر ثابتاً فى الجزء النباتى خلال فترة زمنية معينة حتى لا يحدث أخطاء عند مقارنة تركيز العنصر محل الدراسة فى الجزء النباتى لعينات تم جمعها من أماكن مختلفة يصعب الحصول عليها فى نفس اليوم. وقد أثبتت البحوث العديدة أن شرط الثبات لتركيز العنصر لفترة زمنية معينة يتوفر فى الورقة حيث إن تركيز العنصر بها أكثر ثباتاً من تركيز العنصر فى الساق أو سلعيات الساق لأن الأخيرة عبارة عن قنوات توصيل العنصر من الجذور إلى الأوراق.

٢- الحساسية Senestivity: ويتوفر هذا الشرط أيضاً فى الورقة حيث إن الأوراق مخزن لتخزين العناصر الغذائية

ومما سبق يتضح أنه فى معظم المحاصيل تعتبر الأوراق هى الجزء النباتى المناسب أخذه لتحليل العناصر. ولكن يجب العلم بأهمية الوضع المورفولوجى للأوراق فيجب أن تكون موقعها على النبات يسهل معه الحصول على ذلك الجزء النباتى كاملاً فعلى سبيل المثال لا الحصر تعتبر الورقة التى أسفل الكوز مناسبة لتحليل العناصر



فى حالة نبات الذرة الشامية وذلك لتوفر شرطى الثبات Stability والحساسية Senestivity السابق ذكرهما هذا بالإضافة إلى موقعها المتميز على النبات والذى يسهل معه الحصول عليها كاملة.

### الوقت المناسب لأخذ العينة النباتية للتحليل Proper time of analysis

وهناك عامل مهم يجب وضعه فى الاعتبار عند تحليل النبات وهو الوقت المناسب لأخذ العينة النباتية للتحليل. ويلاحظ أن اختيار فترة أخذ العينة للتحليل تعرف بأنها الفترة التى تتميز بسلوك عالٍ فى امتصاص النبات للعناصر وكذلك التى يزداد فيها معدل تكوين المادة الجافة فى النبات وغالباً ما تكون هذه الفترة فى مرحلة النمو الأعظم للنبات وهى تتميز بما يلى:

- يحدث خلالها أقصى امتصاص للعناصر من التربة.
  - يحدث خلالها أقصى تخزين للعناصر وكذلك يزداد بها معدل التمثيل.
  - وغالباً ما تكون فى بدء التزهير flowering وتكوين النورات.
- وعند أخذ الجزء النباتى المناسب للتحليل فى الفترة المناسبة يتم تقدير تركيز العنصر به ثم يقارن بالتركيز الحرج داخل النبات فىمكن تفسير النتائج المتحصل عليها باستخدام الجداول المقارنة لتحديد مستوى العنصر بالنبات وبالتالى تقدير حاجته للتسميد بالعناصر المختلفة ويقسم المحتوى الكمي من العناصر فى الجزء النباتى المأخوذ للتحليل إلى:

- العنصر موجود بكمية قليلة جداً Very low.
  - العنصر موجود بكمية قليلة Low.
  - العنصر موجود بكمية كافية Sufficient.
  - العنصر موجود بكمية عالية High.
  - العنصر موجود بكمية عالية تصل لحد السمية Very high (Toxic).
- ومعنى وجود تركيز العنصر فى الجزء النباتى فى العينة يتبع الحد رقم ١ أو ٢ أن النبات يعانى من نقص العنصر بسبب عدم قدرة التربة على إمداده باحتياجاته منه ولهذا يجب إضافة العنصر على صورة سماد أو بمعنى آخر أن نمو النبات فى هذه الحالة يستجيب لإضافة العنصر على صورة سماد.

أما إذا كان تركيز العنصر في الجزء النباتي يقع في الحد رقم ٣ فيعنى هذا أن التركيز كافٍ ولا يحتاج إلى إضافة هذا العنصر على صورة سماد أى إن كمية العنصر الميسرة بالتربة موجودة بالقدر الكافى لإمداد النبات باحتياجاته من هذا العنصر. ويلاحظ في الحد رقم ٥ أن تركيز العنصر في النبات يصل إلى حد السمية وهو يضر بالنبات وتظهر على النباتات أعراض السمية كما سبق ذكره من قبل وهذا التأثير ناتج عن زيادة الكميات الميسرة بالتربة من العنصر إلى حد كبير يؤدى إلى الإضرار بالنباتات النامية وغالباً ما يظهر حالات السمية هذه فى حالة العناصر الصغرى إذا زادت كمياته الميسرة فى التربة إلى حد يفوق احتياج النبات. وتلاحظ أعراض السمية غالباً للعناصر الصغرى على النباتات فى الأراضى الحامضية.

ومن الجدير بالذكر أن أهم ما يجب مراعاته عند القيام بتحليل النبات مايلى :  
 - أخذ العينة النباتية من الجزء المحدد من النبات وبالطريقة السليمة وفى العمر الفسيولوجى المناسب لكل نبات. فعلى سبيل المثال فى حالة نبات الذرة الشامية فإن الجزء المناسب للتحليل هو : ورقة الكوز Ear Leaf أو الورقة التى تعلوها أو التى أسفلها نظراً لتوفر الشروط السابقة عليها حيث إنها أكثر حساسية وتركيز العنصر بها ثابت ، بينما الوقت المناسب لأخذ الورقة هو فترة التزهير Flowering وهى تنحصر بين فترة خروج النورة المذكرة Tasseling وبداية خروج النورة المؤنثة (حريرة الكون) Silking.

- تجنب أخذ النباتات التى تبدو عليها نمو شاذ فى الشكل العام فلا تؤخذ النباتات أو الأوراق المصابة بالحشرات أو الأمراض بأنواعها.  
 - استبعاد النباتات التى بجوار قنوات الري أو المصارف والنامية على حواف الحقول.  
 - تجنب تلوث العينة بحبيبات التربة حتى لا يتأثر محتوى العينة النباتية من العناصر بتلك الموجودة فى التربة. فتلوث العينة النباتية بحبيبات التربة الجيرية يزيد محتواها من عنصر الكالسيوم أما تلوثها بحبيبات الطين فتزيد محتواها من عنصر الحديد ، ولهذا يجب غسل العينة جيداً فى المعمل وأن يتم الغسيل بالماء

- المقطر أو المعاد تقطيره بعناية فائقة حتى يكون الرقم معبراً عن كمية العناصر الموجودة داخل الخلايا فقط .
- تجنب استخدام الأدوات المعدنية أو المطلية بالمعادن كالزنك والنحاس سواء عند أخذ أم إعداد العينة للتحليل.
- أخذ عدد كافٍ من النباتات او الأوراق حتى تكون ممثلة لحالة المزرعة.
- أن تكون العينة ممثلة لجملة النمو السائدة بالمزرعة.
- يجب نقل العينات للعمل بسرعة وفي نفس اليوم مع مراعاة الاحتياطات التي تقلل من تلفها أو فقد في وزنها نتيجة التنفس أو زيادة النشاط الإنزيمي وغالباً ماتنقل العينات في ثلاجة صغيرة أو تكون السيارة المستخدمة مكيفة لتجنب حدوث التغير في التركيب الكيماوى للعينة.
- تؤخذ العينة النباتية مع مراعاة أخذ عينة التربة من منطقة جذور Root Zone النباتات التي أخذت منها العينة النباتية.

### مزايا تحاليل النبات:

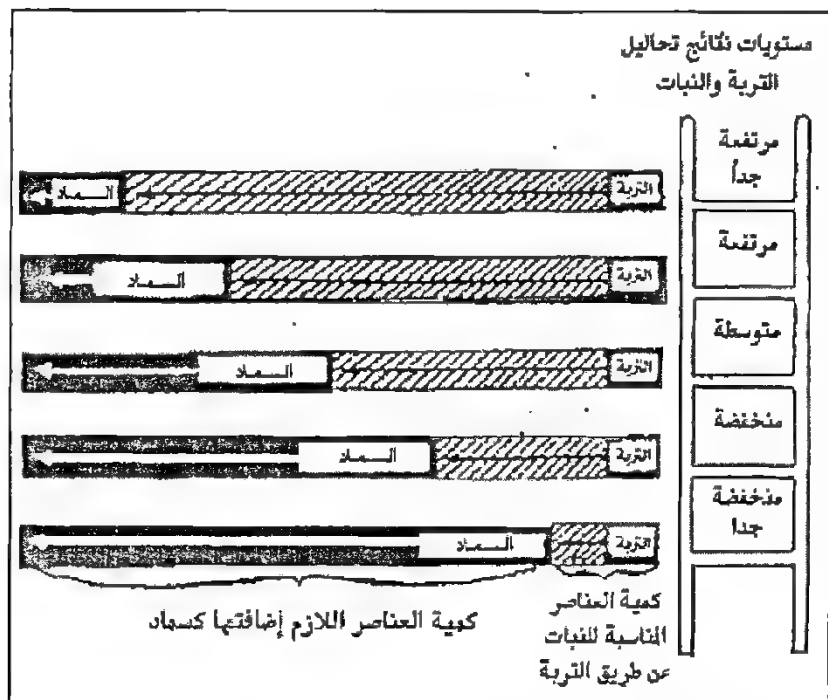
- تشخيص الحالة الغذائية للنبات أو تأكيد التشخيص الظاهري (أعراض النقص) .
- التعرف إلى النقص المستتر.
- التعرف إلى الحالة الحقيقية لاستفادة النبات من العناصر المتاحة بالتربة.
- التعرف إلى التداخل والعلاقات بين العناصر المختلفة.
- متابعة حالة المحصول وكفاءة الاستفادة من السماد عاماً بعد عام.
- المساعدة في التعرف إلى بعض المشاكل الأخرى.

### ومن عيوب الاعتماد على تحاليل النبات فقط:

- عدم التفرقة بين الصورة الفعالة وغير الفعالة للعناصر التي يكون لها صورتان في النبات مثل الحديد.
- في معظم المحاصيل الحولية يكون النبات (عند التحليل) في عمر لا يسمح بعلاج نقص العناصر.

- النباتات ضعيفة النمو قليلة الإنتاج قد تحتوى على العناصر بتركيزات مرتفعة نسبياً، وأعلى من التركيزات الحدية (التي تعتبر متوسطة) .. وهذا راجع إلى مايسمى بتأثير التخفيف، وفى هذه الحالة تشير نتائج التحاليل إلى أن النباتات فى حالة غذائية سليمة.

ولذلك فإن نتائج تحاليل النبات تعطى فكرة عما إذا كانت حالات النمو غير الطبيعية ناتجة عن نقص عنصر أو عدة عناصر- أو إلى عامل آخر من العوامل المؤثرة على النمو ولا ترجع إلى التسميد - فعلى سبيل المثال قلة امتصاص العناصر يمكن أن تكون لقلة تهوية التربة... وعلى العكس فإن وجود كمية رطوبة كافية فى التربة يؤدي إلى امتصاص كمية مناسبة من العناصر بواسطة الجذور. وعموماً، فإن مستويات نتائج اختبارات التربة وتحاليل النبات تعكس كمية العناصر المتاحة للنبات عن طريق التربة، وبالتالي تحديد الاحتياجات السمادية اللازمة لإنتاج محصول محدد مسبقاً (شكل ١٤) .



شكل (١٤) العلاقة بين مستويات نتائج اختبارات التربة وتحاليل النبات،  
وكمية العناصر اللازم إضافتها كسماذ.



## الباب السادس

### أخذ العينات النباتية وإعدادها للتحليل

#### ● أخذ العينات النباتية Plant Tissue Sampling

يتضمن هذا الباب شرحاً مفصلاً للطريقة المتبعة في أخذ العينات النباتية مسترشداً بما نشره (Jones et al ١٩٧١) في هذا المجال عن طريقة جمع العينات النباتية سواء من الحقل أم في تجارب الأصص المقامة في العمل بغرض تقدير المحتوى العنصرى بها والأسس التى تتبع فى هذا المجال تضمن مراعاة النقاط التالية عند أخذ العينات النباتية المثلة بطريقة سليمة للتحليل:

- اختيار الجزء النباتى المناسب للتحليل.
  - وقت أخذ العينة النباتية (مرحلة النمو عند أخذ العينة) .
  - عدد نباتات العينة اللازم أخذها لتمثيل المساحة المدروسة.
  - تحليل العينات النباتية والحصول على النتائج المطلوبة.
  - اختيار الطريقة الإحصائية المناسبة لتحليل النتائج المتحصل عليها.
  - تفسير النتائج بناء على التحليل الإحصائى تفسيراً مقنعاً.
- والأسس المتبعة فى أخذ العينة النباتية من حيث الجزء المناسب للتحليل ومرحلة النمو وتقارن نتيجة التحليل بالقيم الحرجة أو القياسية. ويمكن تقسيم التركيز المتحصل عليه من تركيز العنصر فى الجزء النباتى المأخوذ للتحليل فى الوقت المناسب إلى قيم منخفضة - متوسطة - كافية. وهو ما يسمى:
- ١ - القيم الحرجة Critical values وهى القيم التى تعطى لنا دلالة على أن تركيز العنصر قليل وقد تظهر على النباتات أعراض نقصه وبالتالى يتأثر المحصول بالنقصان إذا لم نعالج أو نُصحح هذا النقص بالتسميد بالعنصر بطريقة مناسبة.

٢ - مدى الكفاية Sufficiency range وهو التركيز من العنصر الذى يوجد داخل

النبات. ويعتبر تركيز هذا العنصر كافيا للنبات ولا يحتاج إلى التسميد به.

وبالتالى يمكن باتباع الأسس السابقة أن نفسر نتائج تحليل النبات للعنصر إلى حد

النقص أو الكفاية ؛ وبالتالى وضع توصيات سمادية سليمة.

والجداول التى تفسر القيم التى أعطيت فى هذا الكتاب أخذت فى الاعتبار:

- الجزء النباتى المناسب والمأخوذ للتحليل Specific Plant Part.

- الوقت المناسب للتحليل الذى أخذ فيه الجزء النباتى للتحليل Specific time.

وتبعاً لذلك فإن تحليل جزء نباتى آخر، أو تحليل نفس الجزء النباتى والذى

تم أخذه فى وقت آخر بخلاف الوقت الذى كتب فى الجداول. لا يمكن أن تفسر

نتائجه باستخدام الجداول الموضحة فى الفصل الأخير من الكتاب.

### ● ملحوظة مهمة :

فى حالة عدم ذكر الجزء النباتى المناسب للتحليل أو إنها تكون غير معروفة لهذا

النبات فإن القاعدة العامة هى اختيار الأوراق العليا كاملة النضج .

### ● ما يجب مراعاته عند اختيار العينات النباتية :

يجب على القائم بجمع العينات النباتية الأخذوة للتحليل أن يراعى

النقاط التالية :

- يجب استبعاد النباتات التى تم تسميدها بالعنصر محل الدراسة.

- استبعاد النباتات التى بها تلف ميكانيكى.

- استبعاد النباتات المصابة بإصابات حشرية أو بالأمراض.

- استبعاد النباتات الملوثة بالأتربة أو حبيبات التربة أو التى تم رشها حديثاً إلا

إذا كانت هذه المواد سهلة الإزالة.

- تستبعد أنسجة النبات غير الحية من العينة النباتية التى تم أخذها. ويجب

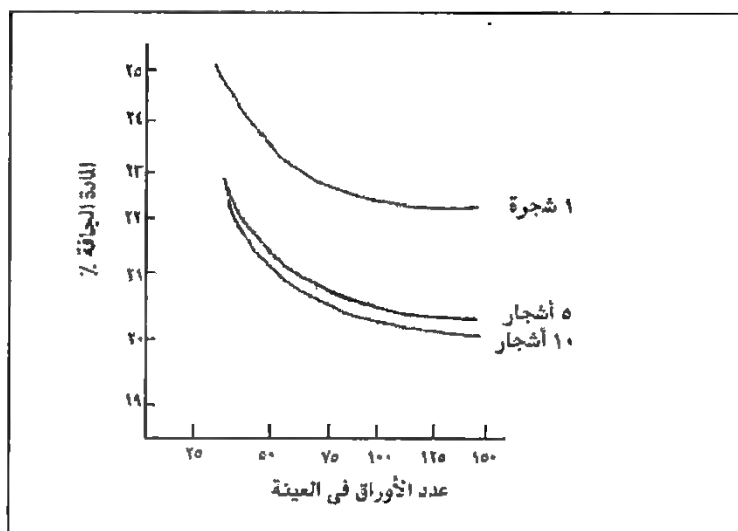
الاهتمام عند أخذ العينة النباتية بالآتى :

(أ) اختيار الجزء النباتى الذى سيجمع للتحليل.



(ب) عدد النباتات التي تؤخذ للحصول على العينات المثلثة Composite samples .  
 (جـ) عدد المكررات التي تؤخذ من العينة النباتية حتى تكون العينة ممثلة تمثيلاً تاماً  
 ونستطيع أن نفسر النتائج على أساسها.

وقد أوضح العديد من الدراسات أن عدد الأوراق المفردة أو عدد النباتات المطلوب أخذها في العينة مرتبطة مع الصفات المطلوب دراستها كما هو موضح في الشكل (١٥) . هذا بالإضافة إلى أن العينات المطلوبة تكون أكثر تعقيداً في حالة الاختلاف الكبير في صفات النباتات التي تأثرت بتلك الظروف.



شكل (١٥)

وبناء عليه فإنه يجب أخذ عينات أخرى أكثر كثافة بعدد أكبر من التي يوضحها المنحنى المرفق حتى يمكن أن يكون التحليل الإحصائي سليماً.  
 ومن الشكل البياني ( شكل ١٥ ) يتضح أن الاختلاف كان أكثر معنوية تأثراً بعدد الأشجار التي تم أخذها للعينة بدرجة أكثر من تأثرها بعدد الأوراق التي تم جمعها من كل شجرة.

وعند دمج النباتات المأخوذة للعينة + عدد العينات التى تم تقديرها للنبات فإن الاختلاف ارتبط مع نتيجة التحليل النهائى.

وبالطبيعة فإن القيمة المتوسطة لنتائج تحليل العديد من العينات الشاملة تكون أكثر دقة من تحليل عينة مفردة معتمدين على عينة ممثلة واحدة والتى تحتوى على نفس العدد الكلى للعينات المفردة.

وعملية اختيار العينة الشاملة Composite sample للتحليل يكون من الأهمية لعدم تجانس توزيع العناصر الضرورية Essential elements بين النباتات أو حتى بين أجزاء النبات الواحد.

وفى الأنسجة الناضجة للنبات يكون هناك تغيرات فى توزيع العناصر راجعة للأسباب التالية :

– انتقال العناصر الغذائية المتحركة Mobile elements من أنسجة النبات المسنة إلى الأنسجة حديثة النمو.

– تجمع للعناصر الغذائية غير المتحركة Non-mobile elements.

– انخفاض محتوى المادة الجافة. وعلى سبيل المثال فإن أحد علامات زيادة النضج هو زيادة تجميع Accumulation الكالسيوم و المغنيسيوم وانخفاض فى تركيز عنصر النيتروجين والفوسفور.

– وهناك عامل آخر يجب أن يؤخذ فى الاعتبار يؤثر أيضاً فى اختلاف تركيز العنصر الأول هو نسبة الأجزاء Relative proportion بين نصل الورقة leaf blade إلى midrib يؤثر على تركيز البوتاسيوم الموجود فى مساحة الورق كلها وبالمثل فإن نسبة الأجزاء Relative proportion بين نصل الورقة إلى حافتها تؤثر على محتوى عنصر البورون B والمنجنيز Mn فى كل الورقة حيث أوضح (Jones, 1970) أن هذين العنصرين يتراكمان بتركيزات عالية فى حافة الورقة.

و بناء عليه مما تقدم من العلاقات السابقة فإنها سوف تؤثر على اختيار الجزء النباتى المناسب للتحليل (على سبيل المثال الورقة كاملة أو نصل الورقة – عنق الورقة... إلخ) ولذلك فإنه من الضرورى أن نختار الجزء النباتى الذى يتميز بوجود العنصر فيه بتركيز

مرتفع لمدة زمنية مناسبة يتسع للقائم بعملية أخذ العينات أن يجمع عيناته في الزمن المناسب لذلك. وجدير بالذكر فإنه يجب توحيد الجزء النباتي المأخوذ لكل العينات الممثلة حتى لا يحدث اختلاف في تفسير النتائج المتحصل عليها.

ويوضح جدول رقم (١٢) مقارنة بين محتوى ورقة الكوز الكاملة من العناصر ومحتوى أجزاء ورقة الكوز التي تم تقسيمها إلى أربعة أجزاء متساوية في الطول (Jones, 1970).

العنصر	الورقة الكاملة	الأجزاء الأربعة المتساوية من ورقة الكوز			
		القيمة	الوسط العلوى	الوسط السفلى	القاعدة
			%		
النيتروجين (N)	٢,٩٣	٣,٢	٣,٦٥	٢,٧٥	١,٩٥
الفوسفور (P)	٠,٢٢	٠,٢٢	٠,٢٣	٠,٢٥	٠,١٨
البوتاسيوم (K)	١,٠٢٢	١,٢٦	١,١٩	١,٤٤	١,٣٢
الكالسيوم (Ca)	٠,٤٨	٠,٧٥	٠,٥٨	٠,٤٨	٠,٣٥
المغنيسيوم (Mg)	٠,٣٩	٠,٤٠ ppm	٠,٤١	٠,٤٥	٠,٤٠
ppm					
البورون (B)	١١	٢٥	١٤	٨	٦
النحاس (Cu)	٩	١٢	١٠	١٠	٨
الحديد (Fe)	٩٦	١١٠	١٠٢	٧٥	٥٧
المنجنيز (Mn)	٧٣	١٢٤	٧٩	٦٢	٤٩
الزنك (Zn)	٢٢	٣٠	٢٢	٢٢	١٨

إن أخذ عينتين من مجموعتين مختلفتين من النباتات بفرض المقارنة يكون من الصعوبة وخصوصاً عندما يكون هناك بعض العوامل التي أدت إلى اختلافات في

مرحلة النمو. وقد أوضح (Jarrell & Beverly, 1981) عندما يكون هناك موقعان أو أكثر على النباتات تظهر اختلافات فى إمكانية عدم كفاية العنصر فإن أخذ النسيج tissue بغرض المقارنة يكون مطلوباً ولكن ربما يكون من الصعوبة فى حالة تحليل الجزء النباتى نتيجة تأثير العنصر الغذائى على نمو النبات وتطوره.

ويجب أن يؤخذ فى الاعتبار أن التركيز العنصرى ينسب إلى الوزن الجاف للنسيج النباتى Dry weight of plant tissue وعليه فإن أى عامل خارجى يؤثر على الوزن الجاف للنبات فإنه بالتبعية يؤثر على تركيز العنصرية به.

ولهذا فإن القائم على الدراسة يجب أن يراعى ما يلى :

- أن يكون حذراً بدرجة كبيرة ليتأكد تماماً من أنه قد جمع العينات الممثلة للموقع أو المساحة المدروسة لمثل هذه المقارنة.
- أن يضع فى اعتباره عند تفسير النتائج المتحصل عليها حالة النباتات وقت أخذ العينات.

وبالرغم من أنه من الممكن أن نحلل أى جزء نباتى أو حتى كل النبات فإن أهمية نتائج هذا التحليل ربما تكون محدودة أو عديمة القيمة. وعلى سبيل المثال فإن تحليل الثمار والحبوب أو تحليل كل النبات أو أحد أجزائه فى مرحلة النضج أو عند الحصاد لا يمدنا عادة بمعلومات ذات أهمية للحالة الغذائية للنبات خلال أطوار النمو الأولى.

ومن الضرورى عند استخدام طريقة تحليل النبات أن نحصل على الجزء النباتى الذى يحتوى على تركيزات من العناصر التى يمكن أن تقارن لتفسير نتائج القيم المتحصل عليها بدقة.

ويجب على القائم بعملية أخذ الأنسجة النباتية أن يراعى النقاط التالية :

- تجنب تلوث العينات بالمواد الكيميائية أو تلوثها بالأدوات التى تؤخذ بها العينة أو الأوعية.

- مراعاة الظروف أثناء نقل العينات من الحقل إلى المعمل مثل درجة الحرارة وحالة الرطوبة فى الأنسجة النباتية نفسها.

- عدم استخدام أكياس بلاستيك عند نقل العينات النباتية الطازجة إلا في حالة حفظها فقط عند خمس درجات مئوية.
- التجفيف في الهواء كمرحلة أولى للأنسجة النباتية يقلل من الفقد في الوزن الجاف للينة.
- يجب السرعة في نقل العينات النباتية إلى المعمل خلال ٢٤ ساعة من جمعها قدر الإمكان مع استخدام الطريقة المناسبة لتقليل الفقد في الوزن الجاف.

### ● تحضير العينات النباتية وتحليلها. Prepration & Analysis:

يعتبر اتباع الطرق المناسبة عند إعداد العينات النباتية بعد أخذها للتحليل المعمل من الأهمية بمكان للحصول على نتائج تحليل تعطى الصورة الحقيقية للتركيب العنصرى والكيمىاوى للينة النباتية. ولذا يجب على القائم بعملية إعداد العينات النباتية أن يراعى الدقة وأن يعتنى عناية فائقة عند إعداد العينات النباتية وتحضيرها فى المعمل بطريقة سليمة لتجهيزها للتحليل وإلا أصبحت النتائج المتحصل عليها عديمة القيمة ويضيع ماتم بذله من مجهود فى العمليات المختلفة.

وهناك شرطان أساسيان يجب أن يتوفرا عند إعداد العينات النباتية هما:

١ - يجب أن تكون العينات على صورة مناسبة للتحليل المعمل.

٢ - يجب أن تكون العينات متجانسة.

وعلى هذا يجب أن تكون العينات النباتية خالية تماماً من التلوث سواء بحبيبات التربة أو المواد الكيميائية أو الأتربة العالقة بها والتي تؤثر تأثيراً كبيراً على نتائج التحليل العنصرى للينة النباتية. وكذلك فإن الطريقة المتبعة عند تجفيف العينات النباتية تكون من الأهمية بمكان نظراً لتأثيرها على نتائج التحليل المتحصل عليها.

### ● إزالة المواد الملوثة للينة النباتية Decontamination:

- تختلف درجة التأثير فى نتائج التحليل الكيمىائى للعينات النباتية نتيجة تلوثها بحبيبات التربة وهذا يتوقف على :
- نوع العنصر المطلوب تقديره.
  - نوع التربة النامية عليها النباتات.

وعلى هذا فإن تلوث العينات النباتية بحبيبات التربة الثقيلة يسبب خطأ كبيراً في نتائج تحليل عنصرى الحديد و الألومنيوم بسبب كبر نسبتهما فيها بينما تلوث العينات النباتية بحبيبات التربة الجيرية يؤدي إلى أخطاء كبيرة في نتائج تقدير عنصرى الكالسيوم والمغنيسيوم. بينما تلوث العينات بحبيبات التربة الرملية يكون غير مؤثر على نتائج العنصرين، وتزداد خطورة تلوث العينات النباتية بحبيبات التربة على نتائج العناصر التي توجد بكميات ضئيلة في النبات مثل البورون وقد يؤدي مثل هذا التلوث بحبيبات التربة إلى مضاعفة كميات ونسبة هذه العناصر عند تقديرها في النبات.

### ● التلوث بالأسمدة:

وهناك مصدر آخر لتلوث العينات النباتية وهو التلوث نتيجة لنثر الأسمدة التي على شكل مسحوق دقيق في الحقل والنباتات قائمة كما في حالة الأسمدة النتروجينية. وغالباً ما تلتصق هذه الأسمدة على الأوراق والسيقان أو عند أباط الأوراق. ومن الواجب أن تؤخذ العينة النباتية بعد مرور عدة أيام من إجراء عملية التسميد هذه حتى تذوب الأسمدة وتزال من على النباتات بتأثير ماء الندى الذي يغطي النباتات في الصباح أو تصادف سقوط الأمطار في المناطق الممطرة.

### ● غسيل العينات النباتية

وقد أوضح (Sonneveld & Van Dijk 1982) أنه يجب غسل سطح الأوراق الطازجة للعينة النباتية بالغس في محلول تنظيف ٢٪ وذلك لإزالة ما يعلق بها من حبيبات التربة والأتربة حتى إذا لم تكن تلك الملوثات واضحة ومرئية. بينما غسيل العينات النباتية باستخدام الماء فقط أو الأحماض المخففة لن يؤدي إلى إزالة معظم المواد الملوثة. وتتوقف سهولة إزالة الملوثات كلما كان سطح الورقة أملس ووجود طبقة شمعية على سطح الورقة تسهل من عملية إزالة الملوثات.

وتعتمد قابلية الأوراق للتنظيف بإزالة الملوثات على طبيعة الأوراق نفسها من حيث استواء سطح الورقة وهل هو أملس من عدمه وكذلك وجود طبقة شمعية.

ويجب أن تتم عملية الغسيل بسرعة وبأقل تعرض لمحلول الغسيل حتى نتجنب فقد العناصر الذائبة كالبيورون والبيوتاسيوم من الأنسجة النباتية.

وأحياناً لا يلجأ القائم بالدراسة بغسيل النباتات بل يكتفى فقط بمسحها بقطعة من القطن المبللة بالماء حتى يسهل تنظيفها وتقديماً لفقد بعض المركبات المعدنية القابلة للذوبان في الماء مما يؤثر على نتائج التحليل. ويمكن تلخيص تلك الحالات فيما يلي:

- التي لا يكون عنصراً الحديد والألومنيوم محل الدراسة.

- النباتات المعرضة لسقوط الأمطار في المناطق الممطرة.

- النباتات التي لا يتم رشها سواء للتسميد أم المقاومة.

وفي بعض الدراسات التي تهدف لدراسة تلوث النباتات القائمة في الحقل بالملوثات عن طريق الهواء مثل عادم السيارات أو الأتربة... الخ فإنه في هذه الحالة لا نقوم بعملية الغسيل هذه لأنها تقلل من الملوثات على الأوراق.

وفي دراسة أجراها المؤلف على تلوث البرسيم البلدى بعادم السيارات من على الطرق في محافظة الفيوم فقد أخذت عينات ولم يتم غسيل أوراقها وعينات أخرى تم غسلها وكانت النتائج مختلفة تماماً في الحالة الثانية وأقل في تركيز الكاديوم والرصاص.

### ● معرفة تلوث العينات النباتية بالتربة والأتربة:

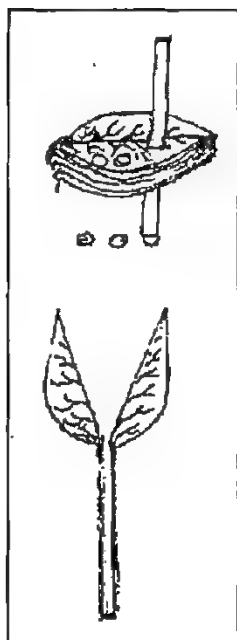
يمكن التعرف على تلوث العينات النباتية بالأتربة أو حبيبات التربة من عدمه للعينات النباتية التي تم غسلها والعينات الأخرى التي لم يتم تنظيفها وإزالة الأتربة وحبيبات التربة من على سطحها بدرجة كافية عن طريق تحليلها وملاحظة تركيزات عناصر الحديد و الألومنيوم والسليكون الموجودة في الأنسجة فإذا كانت تركيزات كل من الحديد والألومنيوم أعلى من ١٠٠ جزء/ مليون والسليكون أكبر من ١٪ فإن ذلك يؤكد أن العينة النباتية ما زالت ملوثة بالأتربة وحبيبات التربة.

وهناك طريقة أخرى اقترحها كل من شيرى وروبينسون (Cherny and Robinson) وتعتمد على الكشف على عنصر التيتانيوم كدليل على تلوث العينات النباتية بحبيبات التربة والأتربة.

## ● تحضير العينات النباتية الطازجة وإعدادها للتجفيف فى الفرن : Oven Drying

- يجب أن تجرى عملية التحضير بسرعة خوفاً من أن تؤثر عمليات التنفس والنتح التى يواصل النبات القيام بها حتى بعد القطع بخمس ساعات وإن تؤدي إلى نقص ملحوظ فى المادة الجافة كما أن الإنزيمات تعمل على تحلل المواد البروتينية والكربوهيدراتية مما يؤدي إلى تغيير فى التركيب مثل هذه المواد العضوية للأنسجة النباتية.

- إما أن يعامل النبات كوحدة واحدة فى التقطيع والتجفيف والطحن وإما أن يقسم إلى أجزاء مختلفة تشمل كل جزء من أجزاء النبات على حدة. وعلى سبيل المثال يقسم نبات الذرة إلى الأوراق - السيقان - النورة المذكورة - النورة المؤنثة حسب ترتيب تكوين هذه الأعضاء على النبات.



- والهدف من دراسة أجزاء النبات المختلفة هو إعطاء صورة كافية عن عمليات انتقال العناصر المختلفة من جزء إلى آخر فى النبات أثناء فترات النمو المختلفة حيث تفيد فى إعطاء فكرة عن استعمال الأجزاء المختلفة للعينات اقتصادياً .

## ● تصغير العينة النباتية

عندما تكون العينات النباتية كبيرة الحجم والوزن فيجب على القائم بالدراسة أن يختصرها ( وهو ما يسمى بتصغير العينة النباتية). حتى يسهل عملية تجفيفها وطحنها بشرط أن تكون العينة المصغرة هذه ممثلة تمثيلاً تاماً للعينة الكبيرة الأصلية ، وتختلف طرق تصغير العينة النباتية حسب نوعها ولكن عادة يفضل:

- إذا كانت العينة أوراقاً فقط فإنها توضع فوق بعضها



مرتبة فى طبقات بسمك يتراوح بين ٥ إلى ٧ سم ثم توضع فى صينية خشب وتقطع هذه الأوراق إلى حلقات تمثل جميع أجزاء الورقة قدر الإمكان بحيث تشمل أطراف وحواف ووسط وعروق الورقة وذلك باستخدام ثاقب فلين قطر ٢ سم.

- فى حالة العينات النباتية الكاملة بما عليها من أعضاء خضرية وزهرية أو ثمرية يقسم كل نبات على حدة طولياً بالنصف ثم يقسم نصف النبات بالنصف طولياً وهكذا حتى الحصول على الحجم المناسب من العينة المصغرة تبعا لنوع النبات ويجب خلط هذه الأحجام النباتية المتحصل عليها فى نهاية الخلط لتكون العينة الطازجة المراد الحصول عليها. وعند تعذر الاستمرار فى عملية قسم النباتات إلى نصفين فإنه يكتفى فقط بأول عملية تنصيف وتخلط للحصول على العينة الطازجة مع مراعاة ضرورة اختصار العينة بعد تجفيفها فى الفرن وطحنها وخلطها.

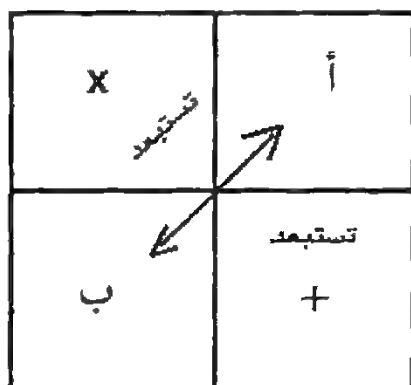
### • طريقة المربعين المتقابلين:

للحصول على عينة متمثلة تقطع العينة النباتية قطعاً مناسبة ثم تفرد على قطعة مشمع نظيفة وتقسم إلى ٤ مربعات كما فى الشكل حيث يستبعد المربعان المتقابلان الموضحان بالعلامة X. بينما نخلط العينة النباتية فى المربعين المتقابلين (أ) و (ب) ثم تفرد مرة أخرى وتكرر العملية حتى الحصول على الحجم المناسب لعينة النبات التى سوف يتم تحليلها .

تقطع العينة النباتية بعد تحضيرها إلى قطع صغيرة ثم توزن لتقدير الوزن الطازج Fresh weight ويراعى ألا يقل الوزن الطازج للعينة النباتية عن ١٠٠ جم مادة طازجة إذا كانت أعضاء خضرية للنبات أو أعضاء نباتية غضة.. أما فى حالة عينات الجذور والبذور والثمار الناضجة فيجب ألا يقل الوزن الطازج للعينة عن ٢٠ جم.

وإذا كانت العينة النباتية عبارة عن أعضاء درنية فلا يقل وزنها عن ٥٠ جم. ثم توضع العينة الطازجة فى صوانٍ أو أطباق من الألومنيوم أو فى أكياس ورقية خاصة مفتوحة (فى حالة العينات الورقية فإنها تجفف هوائياً لفترة مناسبة من الزمن وذلك لإزالة الماء السطحى) وتوضع العينة النباتية فى فرن تجفيف على درجة ٨٠°م

Oven drying مزود بمروحة لدفع الهواء الساخن حتى يمكن التخلص من الرطوبة الزائدة داخل الفرن- ويفضل التجفيف على درجة ٨٠° م حيث إنه يزيل بالضرورة كل الماء المتحد في معظم الأنسجة النباتية في حين استخدام درجات حرارة أقل من ذلك لا يزيل كل الماء المتحد بينما يسبب التجفيف على درجات حرارة أعلى من ٨٠° م انحلالاً حرارياً للمركبات النباتية ويخفض من وزن المادة الجافة للعيينة النباتية. وكذلك عند درجات الحرارة المرتفعة عن ذلك يحدث تغيير في تركيب بعض المواد التتروجينية والسكرية الذائبة في الأنسجة النباتية.



(طريقة المربعين المتقابلين)

### ● ملاحظات على عملية تجفيف العينات النباتية

- يفضل استخدام طريقة التجفيف بالتجميد Freeze-dried في حالة الأنسجة النباتية ذات المحتوى المرتفع من السكر أو النشا.
- يمكن أيضاً استخدام التجفيف بالميكروويف Microwave عندما تكون عملية التجفيف تحتاج إلى عناية فائقة حيث توزع الموجات بين العينات.
- يجب استخدام فرن تجفيف ذو مروحة وذلك في حالة العينات ذات الرطوبة العالية

- والتي تخشى من التغيير فى التركيب الكيماوى للمركبات العضوية بها حتى عند هذه الدرجة المنخفضة من التجفيف مثل الثمار كالطماطم والخيار والبطيخ.
- يجب تجنب حدوث ظاهرة السلق بمراعاة عدم ضغط العينة النباتية بل تترك مفككة حتى يسهل للهواء الساخن أن يتخللها ويطرده الرطوبة منها ويتم جفافها بسرعة. وتلاحظ أن لون العينات النباتية التي تجف بسرعة يكون لونها أخضر فاتحاً أما العينات التي تأخذ وقتاً طويلاً حتى تجف نظراً لسوء التهوية لأنها كانت مضغوطة على بعضها فى طبق التجفيف حيث أدى ارتفاع نسبة الرطوبة فى الهواء داخل الفرن أثناء التجفيف إلى تحول لون العينة إلى الأخضر المسود (ظاهرة تشبه السلق).
- يفضل استخدام الأطباق المصنوعة من الألومنيوم فى تجفيف العينات فى الفرن لأنه حتى إذا تعرضت أنسجة العينة النباتية للتلوث بهذا المعدن فإنه يعتبر من العناصر غير الضرورية للنبات والتي لا يهتم بتقديره كيميائياً. كما يجب أن يصنع فرن التجفيف من مادة الصلب غير القابلة للصدأ حتى يكون مناسباً لتجفيف النباتات المطلوب تقدير العناصر النادرة فيها دون خوف من حدوث التلوث من المعدن المصنوع منه الفرن.
- بعد جفاف العينة النباتية تخرج من الفرن وتترك للتعرض للجو العادى لمدة ربع ساعة حتى يحدث بها توازن بين الرطوبة الموجودة فى الجو والرطوبة التي وصلت إليها المادة المجففة تجفيفاً أولياً على درجات الحرارة المستخدمة فى التجفيف، ثم توزن ويسمى الوزن فى هذه الحالة بالوزن الجاف الخام (الأولى) Crude Dry Weight ويمكن حساب مايسمى بالرطوبة الأولية من الفرق قبل التجفيف وبعده.

### ● طحن العينة النباتية الجافة فى الفرن Particle size reduction

- بعد عملية التجفيف تطحن العينات باستخدام طواحين خاصة تعتمد فى طحنها. إما على تقطيع العينة النباتية إلى قطع صغيرة. وإما على تحويلها إلى مسحوق Powder.

## ١- تحويل العينة النباتية إلى قطع صغيرة

وتعتبر طاحونة Wiley Mill من النوع الأول حيث إن غرفة الطحن بها مجهزة بمروحة مكونة من عدة أسلحة مدببة الطرف. وتجهيز جدار غرفة الطحن الداخلي أيضاً بعدة أسلحة مدببة، ويؤدي دوران المروحة إلى تقطيع العينة النباتية إلى أجزاء صغيرة، ويوجد أسفل غرفة الطحن منخل تنزل منه المواد المطحونة إذا وصلت أقطارها إلى قطر أقل من ثقب المنخل. ويتم اختيار القطر المناسب للعينة المطحونة باستخدام مناخل تختلف قطر ثقبها بالمليمترات وعادة ما يستخدم المنخل ذو المقاس المتوسط (١ مم). أما الأجزاء التي لم تصل إلى القطر المرغوب حسب المنخل المستعمل فتأخذها المروحة من جديد لتقطع بين سكاكين المروحة والجدار الداخلي لغرفة الطحن ثم تعود أثناء دورانها إلى المنخل فتنفذ إذا ما أصبحت من النعومة بقدر يسمح لها من النزول من خلال ثقب المنخل حيث تجمع في درج خاص.

وتتبع طاحونة C N النوع الأول أيضاً حيث إنها تكون مزودة بأربعة أصابع أو ستة أصابع سميكة غير حادة. وغرفة الطحن الداخلي لا يوجد سكاكين على جدارها بل تكون ملساء وأحياناً قد يكون عليها تضاريس وسرعة دوران المروحة في هذا النوع من الطواحين تتراوح بين ١٠ - ١٢ ألف لفة في الدقيقة وتنزل العينة النباتية المطحونة لتسمر من منخل قطر ثقبه ذات سعة مناسبة للقطر أو للحجم الذي يلائم الغرض المطلوب من تحضير العينة النباتية، وتجمع العينة المطحونة في كيس من القماش.

## ٢- تحويل العينة النباتية إلى مسحوق Powder

هناك طواحين تستخدم فيها كرات من مادة الاستانلس ستيل ذات أقطار مختلفة حسب حجم حبيبات المادة النباتية المطلوب الوصول إليها وتعتمد هذه الطواحين على تحويل العينة النباتية إلى مسحوق نتيجة للتحرك الرأسي لغرفة الطحن التي بها العينة ويوضع بداخلها الكرات مناسبة القطر فكلما أردنا طحن العينات لدرجة عالية من التنعيم استخدمت الكرات ذات القطر الكبير والعكس صحيح حيث يؤدي رج غرفة الطحن بواسطة حركة رأسية سريعة لأسفل وأعلى إلى تحريك الكرات وتخبئها في جدار غرفة الطحن وبالتالي تطحن العينة النباتية.

ويلاحظ أن النسيج النباتي يتلوث نتيجة استخدام أحد الطواحين سابقة الذكر بالعنصر المصنوعة منه مادة الطاحونة فإذا كانت الطاحونة المستخدمة في طحن العينة المراد تقدير عنصر الحديد فيها مصنوعة من مادة الحديد أو الصلب فإن هذا يؤدي إلى تلوث العينة بالحديد. وكذلك يجب عدم استخدام الطواحين من النوع C.N حيث إنها مصنوعة من مادة البرونز وذلك في حالة الرغبة في تقدير ودراسة عنصر النحاس في العينة النباتية. والخلاصة هو عدم استخدام الطواحين المصنوعة من العناصر التي سوف تقدر في العينة النباتية بل تفضل أن تطحن العينات في مثل تلك الحالات في هون من الصيني أو تفرك باليد في حالة العينات الورقية سهلة الفك. ومما تقدم يجب الاحتياط الكامل من حدوث التلوث للعينات النباتية أثناء عملية الطحن خصوصاً إذا كان الهدف من الدراسة تقدير العناصر الغذائية الصغرى في الأنسجة النباتية.

#### ● الاحتياطات الواجب مراعاتها في عملية طحن العينة النباتية:

- ١ - يجب تجنب طحن العينات النباتية في الطواحين المصنوعة من مادة نفس العنصر المراد تقديره بها حيث إن الطواحين المصنوعة من مادة الاستانلس ستيل Stainless Steel تلوث العينة بعنصر الحديد أثناء عملية الطحن بها ودرجة التلوث تتوقف على نوع الطاحونة وطول فترة الطحن المطلوبة.
- ٢ - لزيادة نعومة العينة المطحونة بحيث تمر من منخل يحتوى على ٤٠ ثقباً في البوصة المربعة (40 mesh) إذا كانت الوزن من العينة النباتية التي سوف تؤخذ للتقدير أقل من ١ جم أما إذا كانت الوزن المستخدمة تساوى أو أكبر من ١ جم فإن استخدام منخل يحتوى على ٢٠ ثقب في البوصة المربعة (٢٠ ميش) يكون كاف وتتناسب درجة نعومة حبيبات العينة النباتية المطحونة تناسباً عكسياً مع الوزن المأخوذ للتقدير فإذا كانت الوزن المأخوذة أقل من ١ جم فيلزم أن تمر العينة من منخل ٤٠ ميش أما إذا كانت الوزن المأخوذة تساوى أو أكثر من ١ جم فيكون ٢٠ ميش هو المنخل المناسب.

- فى حالة ما يكون الهدف من تحليل أنسجة النبات تقدير العناصر الصغرى فإنه يوصى باستخدام الطحن اليدوى أو باستخدام هون مصنوع من العقيق Agate mortar أو أن تستخدم طاحونة لها كور من العقيق Agate ball mill.
- توضع المادة الجافة للعينات بعد طحنها وخلطها فى برطمانات زجاجية ذات غطاء محكم ويكتب عليها البيانات الكافية عن محتوياتها.
- يقدر الوزن الجاف تماماً للعيينة النباتية بوضع وزنه معينة من المادة الجافة الخام (الأولية) وتوضع فى الفرن على درجة ١٠٥°م لمدة ٣ ساعات للتخلص من آثار الرطوبة فى العينة ثم تبرد فى مجفف وتوزن لتقدر الوزن الجاف تماماً Dry weight لهذه العينة ومنه يمكن حساب قيمة الرطوبة وكذلك قيمة المادة الجافة فى العينة النباتية الطازجة المأخوذة للتحليل.
- تؤخذ من المادة الجافة الخام (الأولية) أوزان مناسبة لتقدير الرماد والمواد الأروية والكربوهيدراتية والمواد الدهنية.
- تحرق وزن مناسب من المادة الجافة الأولية سواء كان بطريقة الحرق الجاف Dry ashing أم بطريقة الحرق المبتل Wet ashing حيث يجرى تقدير العناصر المعدنية بعد الحرق ويجب ملاحظة تقدير المادة الجافة تماماً فى المادة الجافة الخام (الأولية) المأخوذة للتحليل فى جميع الحالات. وحيث تنسب نتائج التحليل إلى المادة الجافة للعيينة النباتية.



جدول (١٣) تفسير نتائج الكميات الذاتية من عناصر التتروجين و الفوسفور والبوتاسيوم في مستخلص حامض الخاليك  
٪٢ في أنسجة النبات الطازجة

المحصول	جزء النبات الماخذ	وقت أخذ العينة	(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -P (ppm)				(N <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -N (ppm)			
			كاف	ناقص	مرتفع	ناقص	كاف	ناقص	مرتفع	كاف
البرسيم Alfalfa	٤٠ نبات سن منتصف الساق المعوى	أزهار ١٠/١ النباتات	-	٥٠٠ >	-	٨٠٠ <	-	٥٠٠ >	-	-
اسبرجس sparagus	منتصف موسم النبو	10 cm tip new fern	١٠٠ >	٥٠٠ <	-	١٦٠٠ <	-	٨٠٠ >	-	٢ <
Bean Bush / Snap	عناق الورقة الرباعية من الطرف	منتصف عمر النبات عند بدء الأزهار	٢٠٠٠ >	١٥٠٠ <	-	١٠٠٠ >	-	١٥٠٠ <	-	٥ < ٤ <
Broccoli	المرق الوسطى الورقة حديقة الفصح	منتصف عمر النبات بدء نمو البراعم	٧٠٠٠ >	٧٥٠٠ <	-	٤٠٠٠ <	-	٢٥٠٠ >	-	٥ < ٤ <
Brussels sprouts	المرق الوسطى للورقة حديقة الفصح	منتصف عمر النبات الممر 'لتأخر	٧٠٠٠ >	٩٠٠٠ <	-	٢٥٠٠ <	-	٢٠٠٠ >	-	٥ < ٤ <
الكرفس Cabbage (Chinese)	المرق الوسطى للورقة اللينة الخارجية	عند تكوين الروس عند تكوين الروس	٥٠٠٠ >	٧٠٠٠ <	-	٢٥٠٠ <	-	٢٥٠٠ >	-	٤ < ٧ <
كتناوب Cantaloupe	فصل الورق رقم ٦ من القمة	مرحلة النمو الأول بدء ظهور الثمار أول تفصح الثمار	٨٠٠٠ >	١٢٠٠٠ <	-	٢٠٠٠ <	-	١٥٠٠ >	-	٦ < ٥ < ٤ <

تابع جدول (١٣)

المعومل	جزء النبات المأخوذ	وقت أخذ العينة	( $\text{NO}_3\text{N}$ (ppm))		( $\text{PO}_4\text{-P}$ (ppm))				$\text{K} \%$	
			كاف	ناقص	متفقتين	كاف	مرتفع	ناقص	كاف	ناقص
بنجر السكر Sugar Beet	عقل الورقة الحديث اكاملة النصل لمتل	طور البازرة	٢٥٠ ٢٥٠٠ ٧٥٠ >	- ٧٥٠ > ١٥٠٠ >	-	٤٠٠٠ - ٧٥٠ ٧٥٠ > ١٠٠٠ ١٦٠٠	١ >	١ >	المعدوم أقل من ١١-١/١.٥ "المعدوم" أكثر من ١.٥ ٦ ١/٢	٤ <
الذرة السكرية Sweet Corn	عقل الورقة رقم ٦ من القمة	متفقت صفر النبات	١٠٠٠ < ٥٠٠ >	-	-	٥٠٠ < ١٠٠٠ >	٢ >	٢ >	٤ <	٤ <
بطاطا Sweet potato	عقل الورقة رقم ٦ من القمة	متفقت صفر النبات	٢٥٠٠ < ١٥٠٠ >	-	-	٧٥٠٠ < ١٠٠٠ >	٣ >	٣ >	٥ <	٥ <
'الطماطم' Tomato (Cherry)	عقل الورقة رقم ٤	يده عند الثمار قطر ثماره ١.٢٥ سم	١٠٠٠٠ < ٨٠٠٠ > ٧٠٠٠ < ٥٠٠٠ > ٢٠٠٠ < ١٠٠٠ >	- - -	-	٢٠٠٠ < ٢٠٠٠ > ٢٠٠٠ < ٢٠٠٠ > ٢٠٠٠ < ٢٠٠٠ >	- - -	٤ > ٢ > ٢ >	٧ < ٥ < ٤ <	٧ < ٥ < ٤ <
'الطماطم' Tomato Processing Determinal 'Type	عقل الورقة رقم ٤ من القمة	يده الأرهط قطر الثمار ٢.٥ سم يده طولون الثمار	١٢٠٠٠ < ٨٠٠٠ > ٦٠٠٠ < ٤٠٠٠ > ٣٠٠٠ < ٢٠٠٠ >	- -	-	٣٠٠٠ < ٢٥٠٠ < ٢٥٠٠ > ١٥٠٠ > ١٠٠٠ >	- -	٣ > ٢ > ١ >	٦ < ٤ < ٢ <	٦ < ٤ < ٢ <



تابع جدول (١٣)

المحصول	جزء النبات المأخوذ	وقت أخذ العينة	(NO <sub>3</sub> , N (ppm)		(PO <sub>4</sub> -P (ppm)					K %
			ناقص	كاف	ناقص	منخفض	كاف	مرتفع	ناقص	كاف
الطماطم Tomato Fresh - Market Non Determinate	عقل الورقة رقم ٤ من القمة اشعار	بدء تفجج الأزهار قطر الشار ٢,٥ سم مرحلة تفجج الشار	١٠٠٠٠ > ٨٠٠٠ > ٤٠٠٠ >	١٤٠٠٠ < ١٢٠٠٠ < ٦٠٠٠ <	- - -	٢٥٠٠ > ٢٥٠٠ > ٢٠٠٠ >	٢٠٠٠ < ٢٠٠٠ < ٢٥٠٠ <	- - -	٤ > ٢ > ٢ >	٧ < ٥ < ٤ <
الكتانوت Cantaloupe	نخل الوريق رقم ٦ من القمة	مرحلة النمو الأول بدء ظهور الشار أول تفجج الشار	٢٠٠٠ > ١٠٠٠ > ٥٠٠ >	٢٠٠٠ < ١٩٠٠ < ٨٠٠ <	١٥٠٠ > ١٣٠٠ > ١٠٠٠ >	- - -	٢٢٠٠ < ١٧٠٠ < ١٥٠٠ <	- - -	١ > ١ > ١ >	٢٥ < ٢ < ١,٨ <
الجزر Carrot	عقل الورقة الحديقة كالة النمو	منتصف موسم النمو	٥٥٠٠ >	-	٢٠٠٠ >	-	٢٠٠٠ <	-	٤ >	٢ <
الفنيط Cauliflower	المرق الوسطى الورقة الثانية الخارجية	عند ظهور البراعم	٥٠٠٠ >	٧٠٠٠ <	-	٢٥٠٠ >	-	٢٥٠٠ <	٢ >	٤ <
الكرفس Celery	عقل أحدث الأوراق الكاملة النمو	منتصف موسم النمو قرب مرحلة التفجج	٥٥٠٠ > ٤٠٠٠ >	٧٠٠٠ < ٦٠٠٠ <	-	٢٥٠٠ > ٢٠٠٠ >	- -	٢٥٠٠ < ٢٠٠٠ <	١ > ٢ >	٧ < ٥ <
السبانخ Spinach	عقل الورقة الصغيرة الكاملة النمو	منتصف النمو	٤٠٠٠ >	٦٠٠٠ <	-	٢٠٠٠ >	٢٠٠٠ <	٢٠٠٠ <	٢ >	٤ <

تابع جدول (١٣)

المحصول	جزء النبات الناخلة	وقت أخذ العينة	(P <sub>2</sub> O <sub>4</sub> -P (ppm)				(NO <sub>3</sub> -N (ppm)			
			كاف	منخفض	ناقص	مرتفع	كاف	منخفض	ناقص	كاف
الكوسية Squash	عقل الورقة الصغيرة كاملة النمو	بدء الأزهار	١٠ <	٦ >	٦٠٠٠ <	٤٠٠٠ >	-	-	-	<
الأرز Rice Short Grain Varieties	ورقة جديدة كاملة النمو	منتصف النمو أقصى النمو pacle flay	منخفض ١٠٤ > ١١,٢ > ١٠٠ > ١٠٠ >	١٨٠٠-١٠٠٠ ١٨٠٠-١٢٠٠ ١٨٠٠-٨٠٠ ١٨٠٠-٨٠٠	١٢٠٠ > ١٢٠٠ > ٨٠٠ > ٨٠٠ >	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	١٥٠٠٠
البطيخ water melon	عقل الورقة رقم ٦	بدء عقد الثمار	٥ <	٢ >	-	٢٥٠٠ <	١٥٠٠٠ >	-	-	٧٥٠٠ <

## الباب السابع

### تفسير نتائج تحليل النبات للمحاصيل المختلفة

توضح الجداول التالية في هذا الباب تفسير نتائج تحليل النبات للعديد من النباتات والتي تم تقسيمها إلى أربع مجموعات رئيسية من المحاصيل كما يلي:

١ - مجموعة المحاصيل الحقلية.

٢ - مجموعة محاصيل الخضر.

٣ - مجموعة المحاصيل الورقية.

٤ - مجموعة محاصيل الفاكهة.

وتفسير النتائج في هذه الجداول قد تم أخذها عن جونز وآخرين ١٩٩١ حيث تم تجميعها من العديد من المراجع والبحوث المتعلقة بتفسير نتائج تحليل النباتات للعناصر الغذائية والتي تساعد الباحثين في مجال تغذية النبات من وضع التوصيات السمادية المناسبة للعناصر الغذائية وذلك بمقارنة نتائج تحليل عيناتهم النباتية بتلك الجداول. ولكن يجب على القائم باستخدام الأرقام الموجودة في تلك الجداول من أن يتفهم جيداً أهمية العلاقة الموجودة بين كل من جزء النبات المأخوذ للتحليل ووقت أخذ العينة مقابل محتوى العينة النباتية من العناصر الغذائية وبناء عليه فإن اختلاف الجزء المأخوذ من العينة النباتية أو اختلاف وقت أخذ العينة عن الموجود في تلك الجداول بالنسبة لنفس المحاصيل فإن تفسير النتائج للعناصر قد لا يكون دليلاً مناسباً لحالة العناصر الموجودة بتلك المحاصيل.

## الذرة

ميعاد أخذ العينة: بعد تكوين الشُّرابة.  
الجزء النباتى المأخوذ للتحليل: ورقة الكوز كاملة النمو أو الورقة التى تحتها.



عدد النباتات والأوراق للعينة المثلة:

١٥ - ٢٥ نباتاً موزعة عشوائياً داخل المساحة التى تمثلها ويؤخذ من كل نبات ورقة واحدة لتصبح العينة المثلة ١٥ - ٢٠ ورقة.

العنصر	منخفض	كاف	عالٍ
نيتروجين %	٢,٠٠ - ٢,٦	٢,٧ - ٤,٠٠	< ٤,٠٠
فوسفور %	٠,١٥ - ٠,٢٤	٠,٢٥ - ٠,٥	٠,٥١ - ٠,٨
بوتاسيوم %	١,٠ - ١,٦	١,٧ - ٣,٠٠	٣,١ - ٥,٠
كاليوم %	٠,١٠ - ٠,٢	٠,٢١ - ١,٠٠	< ١,٠٠
ماغنسيوم %	٠,١٠ - ٠,١٩	٠,٢٠ - ١,٠٠	< ١,٠٠
كبريت %	٠,١٠ - ٠,٢	٠,٢١ - ٠,٥	٠,٥١ - ٠,٨
جزء في المليون (ppm)			
بورون	٢ - ٤	٥ - ٢٥	٢٦ - ٦٠
نحاس	٠ - ٥	٦ - ٢٠	٢١ - ٧٠
حديد	١٠ - ٢٠	٢١ - ٢٥٠	٢٥١ - ٣٥٠
منجنيز	١٠ - ١٩	٢٠ - ٢٠٠	٢٠١ - ٣٠٠
موليبدينوم	٠,١ - ٠,٢	< ٠,٢	-
زنك	١٥ - ٢٤	٢٥ - ١٠٠	١٠١ - ١٥٠

## النجيليات ( القمح - الأرز - الشعير )

ميعاد أخذ العينة: قبل بداية طرد السنابل.

الجزء النباتي المأخوذ للتحليل: الثلاث ورقات العليا كاملة النضج من قمة النبات.



عدد النباتات والأوراق للعينة الممثلة:

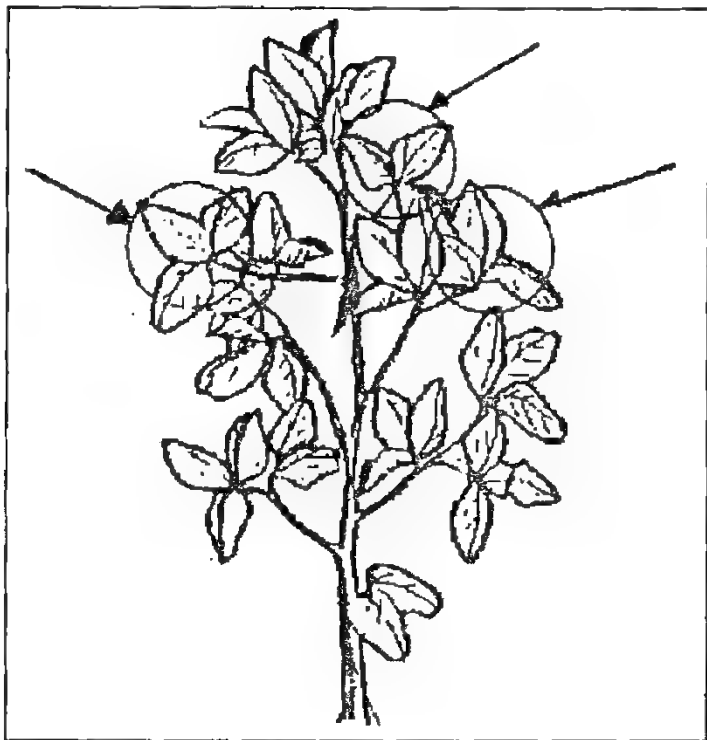
٣٠ - ٤٠ نباتاً موزعة عشوائياً داخل المساحة التي تمثلها العينة. ويؤخذ من كل

نبات ٣ ورقات لتصبح العينة الممثلة في حدود ١٠٠ ورقة.

العنصر	منخفض	كاف	عال
نيتروجين%	١,٧٤ - ١,٢٥	٣,٠ - ١,٧٥	٣,٠ <
فوسفور%	٠,٢ - ٠,١١	٠,٥ - ٠,٢١	٠,٨ - ٠,٥١
بوتاسيوم%	١,٥ - ١,٠٠	٣,٠ - ١,٥١	٥,٠ - ٣,٠١
كالسيوم%	٠,٢ - ٠,١٠	١,٠٠ - ٠,٢١	١,٠ <
ماغنسيوم%	٠,١٥ - ٠,١٠	١,٠ - ٠,١٦	١,٠ <
كبريت%	-	-	-
جزء في المليون (ppm)			
بورون	-	-	-
نحاس	٥ - ٣	٥٠ - ٥	٧٠ - ٥١
حديد	١٠ >	٣٠٠ - ١٠	٥٠٠ - ٣٠١
منجنيز	١٥ - ١٠	٢٠٠ - ١٦	٣٥٠ - ٢٠١
موليبدينوم	-	-	-
زنك	٢٠ - ١١	٧٠ - ٢١	١٥٠ - ٧١

## الفاول البلى - فاول الصوا

مبعاء أأأ العينة: قبل أو عىء بءاءة الإزهار.  
الآءة النباتى المأأوء للآألىل: الأوراق كاملة النضآ من قمة النبات.



عءء النباتاء والأوراق للينة الممثلة:

٢٠ - ٣٠ نباتا موزعة عشوائياً داخل المساحة التى تمثلها العينة. ويؤأأ من كل نبات ٤ - ٥ ورقاء لآصآ العينة الممثلة مآونة من ١٠٠ - ١٢٠ ورقة.



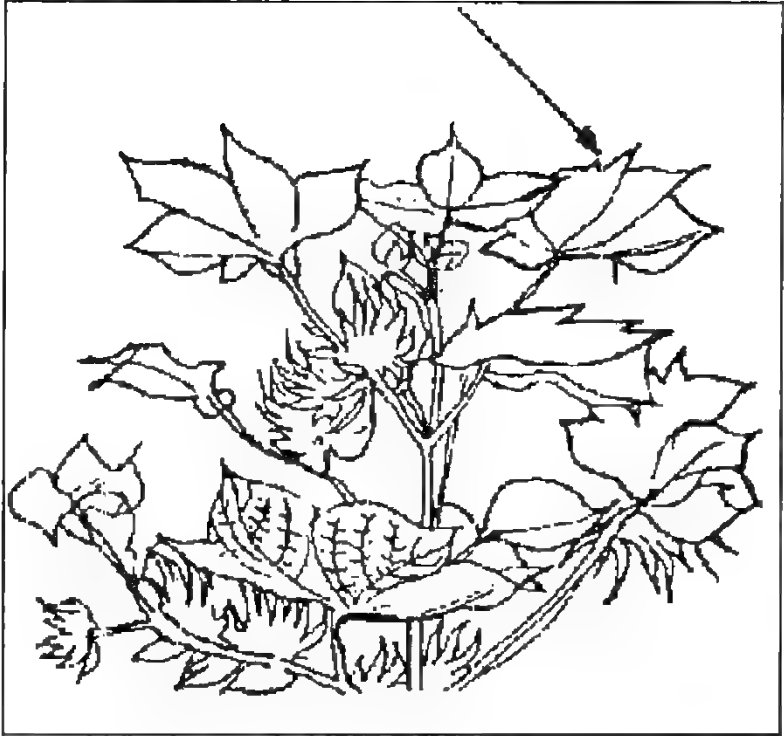
## Soya bean (Gly Cine Max)

## فول الصويا

العنصر	منخفض	كاف	عالٍ
نيتروجين%	٣,١٠ - ٤,٠٠	٤,٠١ - ٥,٥٠	٥,٥١ - ٧,٠
فوسفور%	٠,١٦ - ٠,٢٥	٠,٢٦ - ٠,٥٠	٠,٥١ - ٠,٨
بوتاسيوم%	١,٢٦ - ١,٧٠	١,٧١ - ٢,٥٠	٢,٥١ - ٢,٧٥
كالسيوم%	٠,٢١ - ٠,٣٥	٠,٣٦ - ٢,٠٠	٢,٠١ - ٣,٠٠
ماغنسيوم%	٠,١١ - ٠,٢٥	٠,٢٦ - ١,٠٠	١,٠١ - ١,٥٠
كبريت%	٠,١٦ - ٠,٢٠	٠,٢١ - ٠,٤٠	< ٠,٤٠
جزء في المليون (ppm)			
بورون	١٠ - ٢٠	٢١ - ٥٥	٥٦ - ٨٠
نحاس	٥ - ٩	١٠ - ٣٠	٣١ - ٥٠
حديد	٣١ - ٩٠	٥١ - ٣٥٠	٣٥٠ - ٥٠٠
منجنيز	١٥ - ٢٠	٢١ - ١٠٠	١٠١ - ٢٥٠
موليبدينوم	٠,٤ - ٠,٩	١,٠ - ٥,٠	٥,١ - ١٠
زنك	١٠ - ٢٠	٢١ - ٥٠	٥١ - ٧٥

## القطن

ميعاد أخذ العينة: قبل أو عند بداية الإزهار.  
الجزء النباتي المأخوذ للتحليل: أحدث أوراق كاملة النضج على الساق الرئيسي.



عدد النباتات للعينة الممثلة:

٣٠ - ٣٥ نباتات موزعة عشوائياً داخل المساحة التي تمثلها العينة. ويؤخذ من كل نبات ورقة واحدة لتصبح العينة ٣٠ - ٣٥ ورقة.

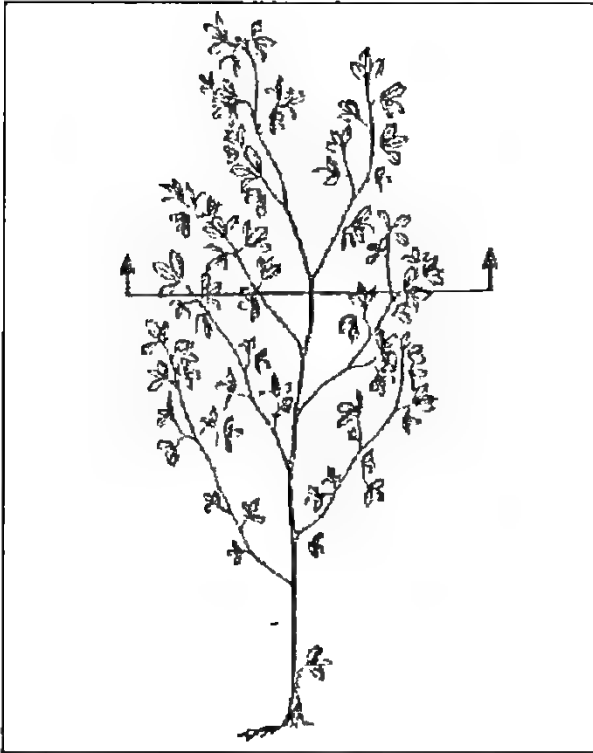
(Cotton Gossypium hirsutum)

القطن

العنصر	منخفض	كاف	عالٍ
نيتروجين%	> ٣,٥	٣,٥ - ٤,٥	< ٤,٥
فوسفور%	> ٠,٣	٠,٣ - ٠,٥	< ٠,٥
بوتاسيوم%	> ١,٥	١,٥ - ٣,٠	< ٣,٠
كالسيوم%	> ٢,٠	٢,٠ - ٣,٠	< ٣,٠
ماغنسيوم%	> ٠,٣	٠,٣ - ٠,٩	< ٠,٩
كبريت%	> ٠,٢٥	٠,٢٥ - ٠,٨	< ٠,٨
جزء في المليون (ppm)			
بورون	> ٢٠,٠	٢٠ - ٦٠	< ٦٠
نحاس	> ٥٠,٠	٥ - ٢٥	< ٢٥
حديد	> ٥٠,٠	٥٠ - ٢٥٠	< ٢٥٠
منجنيز	> ٢٥,٠	٢٥ - ٣٥٠	< ٣٥٠
موليبدينوم	-	-	-
زنك	> ٢٠,٠	٢٠ - ٢٠٠	< ٢٠٠

## البرسيم

ميعاد أخذ العينة: قبل الحش. ولا ينصح بأخذها بعد الإزهار.  
الجزء النباتي المأخوذ للتحليل: الثلث العلوي من النبات.



عدد النباتات للعينة الممثلة:

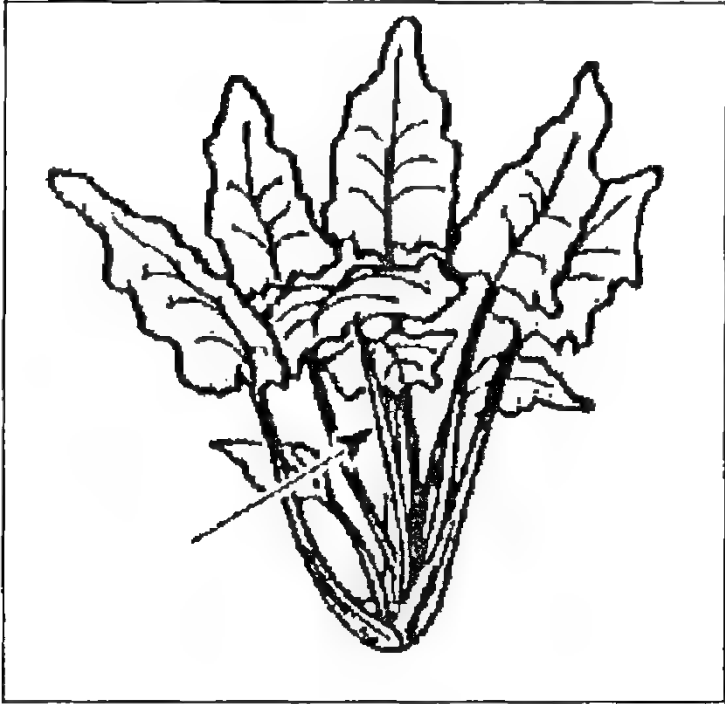
٤٠ - ٥٠ نباتات موزعة عشوائياً داخل المساحة التي تمثلها العينة، وتكون العينة

في حدود كيلو جرام واحد.

العنصر	منخفض	كاف	عال
نيتروجين%	٤.٤٩ - ٤.٠٠	٥.٠ - ٤.٥٠	٥.٠ <
فوسفور%	٠.٢١ - ٠.٢٥	٠.٢٦ - ٠.٧٥	١.٠ - ٠.٧١
بوتاسيوم%	١.٧٥ - ١.٩٩	٢.٠٠ - ٣.٥	٣.٦ - ٥.٠
كالسيوم%	١.٠٠ - ١.٧٩	١.٨٠ - ٣.٠	٣.٠ - ٤.٠
ماغنسيوم%	٠.٢٠ - ٠.٢٩	٠.٣٠ - ١.٠	١.١ - ٢.٠
كبريت%	٠.٢٠ - ٠.٢٥	٠.٢٦ - ٠.٥	٠.٥٠ <
جزء في المليون (ppm)			
بورون	٢٠ - ٢٩	٣٠ - ٨٠	٨٠ <
نحاس	٥ - ٧	٧ - ٣٠	٣١ - ٥٠
حديد	٢٠ - ٢٩	٣٠ - ٢٥٠	٢٥١ - ٤٠٠
منجنيز	٢٠ - ٣٠	٣١ - ١٠٠	١٠٠ - ٢٥٠
موليبدينوم	٠.٥ - ٠.٩	١.٠ - ٥	٥.٠ <
زنك	١٠ - ٢٠	٢١ - ٧٠	٧١ - ١٠٠

## بنجر السكر

ميعاد أخذ العينة: منتصف موسم النمو.  
الجزء النباتى المأخوذ للتحليل: الأوراق كاملة النضج فى المنتصف بين الأوراق  
المركزية (الحديثة) والأوراق المسنة.



عدد النباتات والأوراق للعينة المثلة:

٢٠ - ٢٥ نباتات الموزعة عشوائياً داخل المساحة التى تمثلها العينة. ويؤخذ من  
كل نبات ورقة واحدة لتصبح العينة ٢٠ - ٢٥ ورقة.

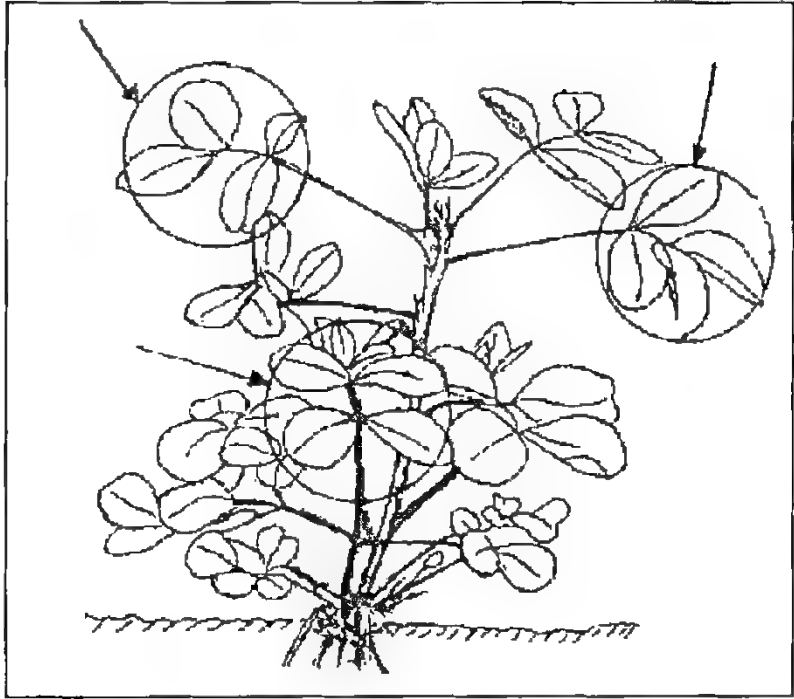
Sugar beet (Beta vulgaris)

بنجر السكر

العنصر	منخفض	كاف	عالٍ
نيتروجين%	$4.3 >$	$5.00 - 4.30$	$5.0 <$
فوسفور%	$0.45 >$	$1.10 - 0.45$	$1.1 <$
بوتاسيوم%	$1.99 - 0.5$	$6.00 - 2.00$	$6.0 <$
كالسيوم%	$0.49 - 0.1$	$1.50 - 0.5$	$1.5 <$
ماغنسيوم%	$0.24 - 0.05$	$1.0 - 0.25$	$1.0 <$
كبريت%	—	—	—
جزء في المليون (ppm)			
بورون	$30 - 20$	$200 - 31$	$800 - 201$
نحاس	—	—	—
حديد	$59 - 50$	$140 - 60$	$140 <$
منجنيز	$25 - 10$	$360 - 26$	$360 <$
موليبدينوم	$0.19 - 0.1$	$2.0 - 0.2$	$2.0 - 2.1$
زنك	$9 - 5$	$80 - 10$	$80 <$

## القول السودانى

ميعاد أخذ العينة: قبل أو عند بداية الإزهار.  
الجزء النباتى المأخوذ للتحليل: الأوراق الناضجة على الساق الرئيسى. ومن الأفرع الجانبية.



عدد النباتات والأوراق للعينة الممثلة:

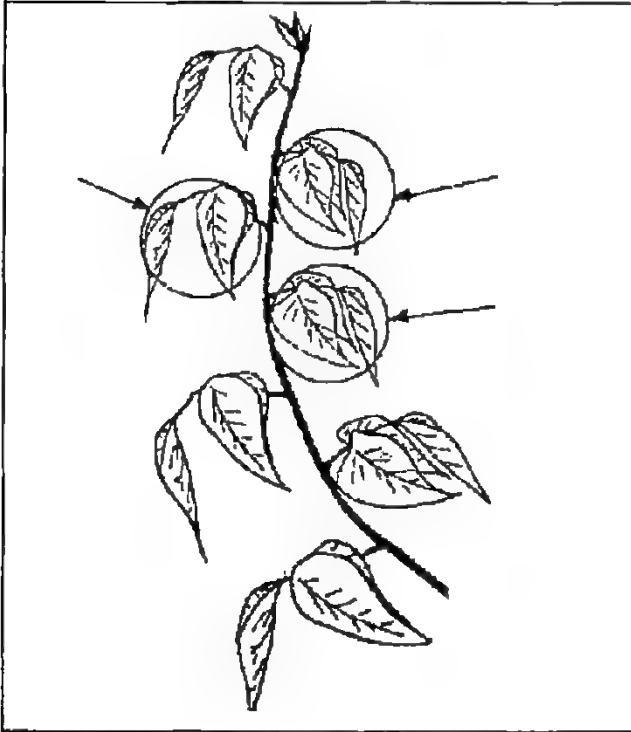
٤٠ - ٥٠ نباتات موزعة عشوائياً داخل المساحة التى تمثلها العينة. ويؤخذ من كل نبات ٣ - ٤ ورقات لتصبح العينة فى حدود ١٥٠ - ١٦٠ ورقة.



العنصر	منخفض	كاف	عالٍ
نيتروجين %	$3.50 >$	$4.50 - 3.50$	$4.50 <$
فوسفور %	$0.24 - 0.18$	$0.50 - 0.25$	$0.50 <$
بوتاسيوم %	$1.6 - 0.5$	$3.00 - 1.70$	$3.00 <$
كالسيوم %	$1.25 >$	$2.00 - 1.25$	$2.00 <$
ماغنسيوم %	$0.30 <$	$0.80 - 0.30$	$0.80 <$
كبريت %	$0.20 >$	$0.35 - 0.20$	$0.35 <$
جزء في المليون (ppm)			
بورون	$24 - 20$	$60 - 25$	$60 <$
نحاس	$5 >$	$20 - 5$	$20 <$
حديد	$59 - 50$	$300 - 60$	$300 <$
منجنيز	$59 - 50$	$350 - 60$	$350 <$
موليبدينوم	$0.1 >$	$5.0 - 0.1$	$5 <$
زنك	$24 - 20$	$60 - 25$	$60 <$

## الفاصوليا

ميعاد أخذ العينة: خلال بداية الإزهار.  
الجزء النباتي المأخوذ للتحليل: ٢-٣ ورقات من قمة النبات.



عدد النباتات والأوراق للعينة الممثلة:

٢٥-٣٠ نباتات موزعة عشوائياً داخل المساحة التي تمثلها العينة. على أن تكون العينة إجمالاً ٥٠ - ٦٠ ورقة.

العنصر	منخفض	متوسط	عالٍ
نيتروجين%	٤,٢٤ - ٤,٩٩	٥,٠٠ - ٦,٠	< ٦,٠
فوسفور%	٠,٢٥ - ٠,٣٤	٠,٣٥ - ٠,٧٥	< ٠,٧٥
بوتاسيوم%	٢,٢٤ - ٢,٠٠	٢,٢٥ - ٤,٠	< ٤,٠
كالسيوم%	١,٠٠ - ١,٤٩	١,٥٠ - ٢,٥	< ٢,٥
ماغنسيوم%	٠,٢٥ - ٠,٢٩	٠,٣٠ - ١,٠	< ١,٠
كبريت%	-	-	-
جزء في المليون (ppm)			
بورون	١٥ - ١٩	٢٠ - ٧٥	< ٧٥
نحاس	٤ - ٦	٧ - ٣٠	< ٣٠
حديد	٤٠ - ٤٩	٥٠ - ٣٠٠	< ٣٠٠
منجنيز	١٥ - ٤٩	٥٠ - ٣٠٠	< ٣٠٠
موليبدينوم	-	-	-
زنك	١٨ - ١٩	٢٠ - ٢٠٠	< ٢٠٠

## الطماطم

ميعاد أخذ العينة: خلال بداية الإزهار.  
الجزء النباتي المأخوذ للتحليل: الورقة الثالثة والرابعة من القمة النامية.

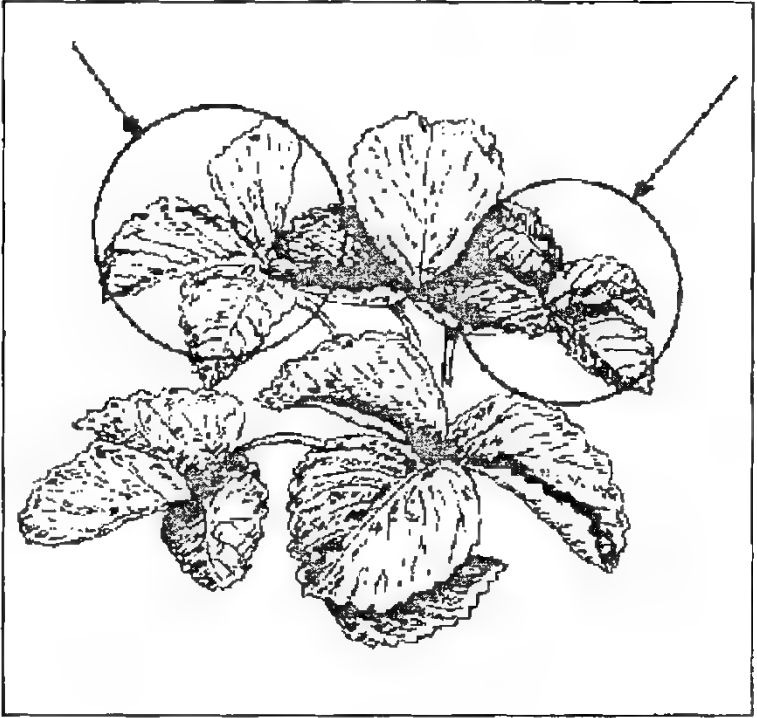


عدد النباتات والأوراق للعينة المثلة:

٢٠ - ٢٥ نباتات موزعة عشوائياً داخل المساحة التي تمثلها العينة. ويؤخذ ٢ - ٣  
ورقات على أن تكون العينة المثلة إجمالاً ٦٠ - ٧٠ ورقة.

## الفراولة

ميعاد أخذ العينة: منتصف موسم النمو.  
الجزء النباتي المأخوذ للتحليل: أحدث أوراق كاملة النمو.

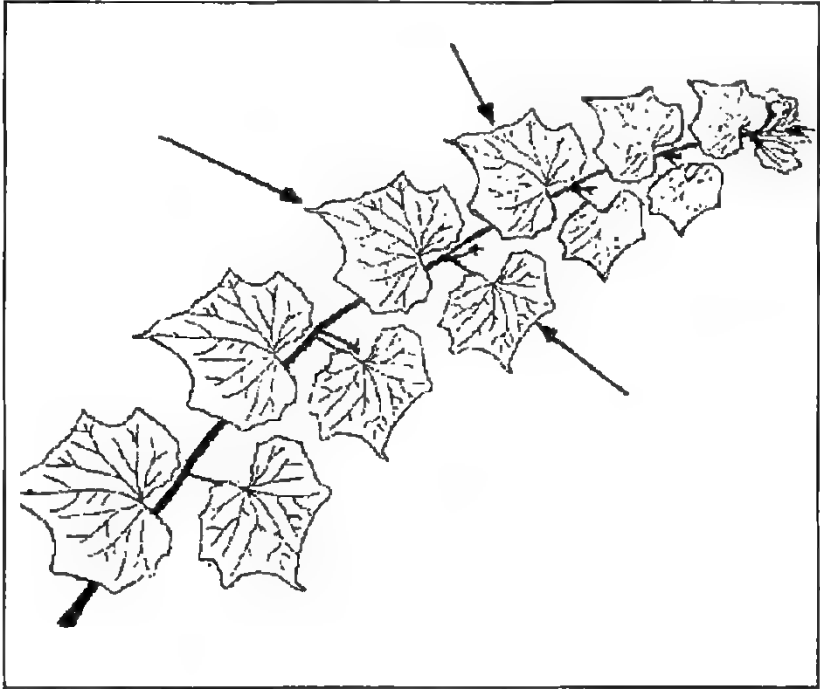


عدد النباتات والأوراق للعينة الممثلة:

٣٠ - ٤٠ نباتات موزعة عشوائياً داخل المساحة التي تمثلها العينة. ويؤخذ من كل نبات ورقة واحدة، على أن تحتوى العينة الممثلة على ٣٠ - ٤٠ ورقة.

## البطيخ - الخيار - الكوسة

ميعاد أخذ العينة: بداية مرحلة الإزهار وقبل عقد الثمار.  
الجزء النباتي المأخوذ للتحليل: الأوراق كاملة النمو قرب القمة على الفرع الرئيسي.



عدد النباتات والأوراق للعينة الممثلة:

٢٠ - ٣٠ نباتات موزعة عشوائياً داخل المساحة التي تمثلها العينة. ويؤخذ من كل نبات ٢ - ٣ ورقات لتصبح العينة الممثلة ٥٠ - ٧٥ ورقة.

## البسلة

ميعاد أخذ العينة: خلال بداية الإزهار.

الجزء النباتي المأخوذ للتحليل: الأوراق المركبة كاملة النمو من العقدة الثالثة تحت القمة النامية.



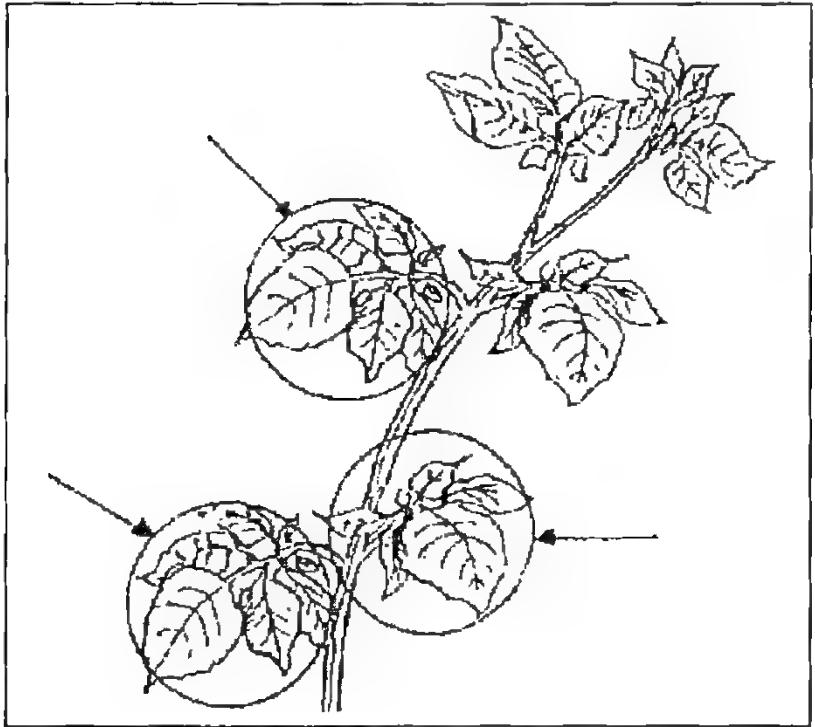
عدد النباتات للعينة الممثلة:

٣٠ - ٥٠ نباتات موزعة عشوائياً داخل المساحة التي تمثلها العينة. ويؤخذ من كل

نبات من ٢ - ٣ ورقات. على أن تكون العينة الممثلة إجمالاً ١٠٠ ورقة تقريباً.

## البطاطس

ميعاد أخذ العينة: خلال بداية تكوين الدرنة.  
الجزء النباتي المأخوذ للتحليل: الورقة الثالثة إلى الخامسة من القمة النامية.



عدد النباتات والأوراق للعينة المثلة:

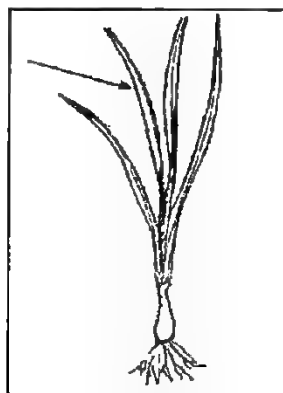
٢٠ - ٢٥ نباتات موزعة توزيعاً عشوائياً داخل المساحة التي تمثلها العينة ويؤخذ من كل نبات ٢ - ٣ أوراق. على أن تكون العينة الممثلة إجمالاً ٦٠ - ٧٠ ورقة.



العنصر	متخفض	كاف	عالٍ
نيتروجين%	٢,٠٠ - ٢,٩٩	٣,٠٠ - ٤,٠	< ٤,٠
فوسفور%	٠,٢ - ٠,٢٤	٠,٢٥ - ٠,٤	< ٠,٤
بوتاسيوم%	٤,٠ - ٥,٩٩	٦,٠ - ٨,٠	< ٠,٨
كالسيوم%	١,٠ - ١,٤٩	١,٥ - ٢,٥	< ٢,٥
ماغنسيوم%	٠,٥ - ٠,٦٩	٠,٧ - ١,٠	< ١,٠
كبريت%	-	-	-
جزء في المليون (ppm)			
بورون	٢٥ - ٣٩	٤٠ - ٧٠	< ٧٠
نحاس	٥ - ٦	٧ - ٢٠	< ٢٠
حديد	٣٠ - ٣٩	٤٠ - ١٠٠	< ١٠٠
منجنيز	٢٠ - ٢٩	٣٠ - ٢٥٠	< ٢٥٠
موليبدينوم	-	-	-
زنك	٢٠ - ٢٩	٣٠ - ٢٠٠	< ٢٠٠

## الثوم - البصل

ميعاد أخذ العينة: بعد ظهور الورقة الرابعة.  
الجزء النباتي المأخوذ للتحليل: الأوراق كاملة النمو المركزية.



عدد النباتات والأوراق للعينة المثلة:

٢٠ - ٣٠ نباتات موزعة عشوائياً داخل المساحة التي تمثلها العينة. ويؤخذ من كل نبات ١ - ٢ ورقة، على أن تكون العينة المثلة مكونة من ٣٠ - ٤٠ ورقة.

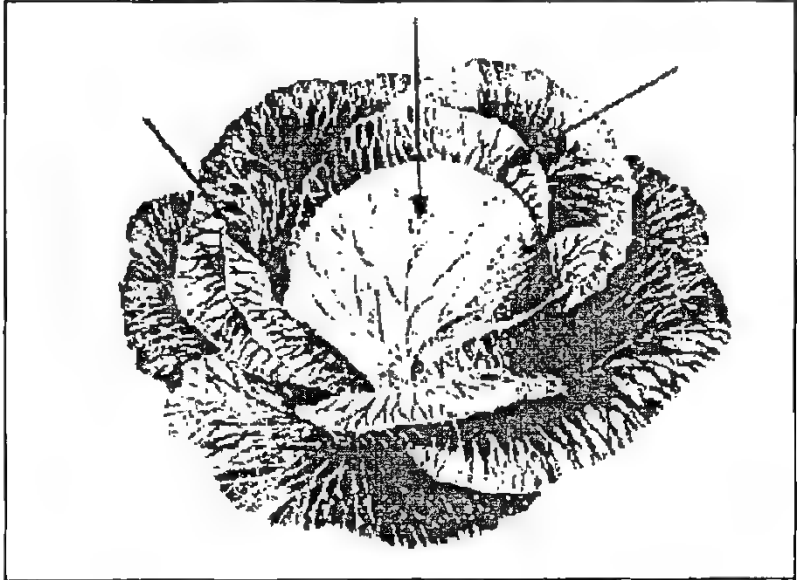
Garlic

الثوم

العنصر	منخفض	كاف	عال
نيتروجين%	٤,٣٩ - ٤,٥١	٤,٤٠ - ٥,٠	٥,٠ <
فوسفور%	٠,٢٩ - ٠,٢٥	٠,٦ - ٠,٣٠	٠,٦ <
بوتاسيوم%	٣,٦٩ - ٣,٠٠	٤,٨ - ٣,٩٠	٤,٨ <
كالسيوم%	٠,٧٩ - ٠,٦٠	١,٥ - ٠,٨٠	١,٥ <
ماغنسيوم%	٠,١٤ - ٠,١٠	٠,٢٥ - ٠,١٥	٠,٢٥ <
كبريت%	-	-	-

## الكرنب - القُنْبِيْط

ميعاد أخذ العينة: قبل تكوين الرؤوس.  
الجزء النباتي المأخوذ للتحليل: الأوراق كاملة النمو الأولى من المركز.



عدد النباتات والأوراق للعينة المثلة :

٢٠ - ٣٠ نباتات موزعة عشوائياً داخل المساحة التي تمثلها العينة. وتؤخذ من كل نبات ورقة إلى ورقتين لتصبح العينة المثلة ١٠ - ٢٠ ورقة.

## Cabbage

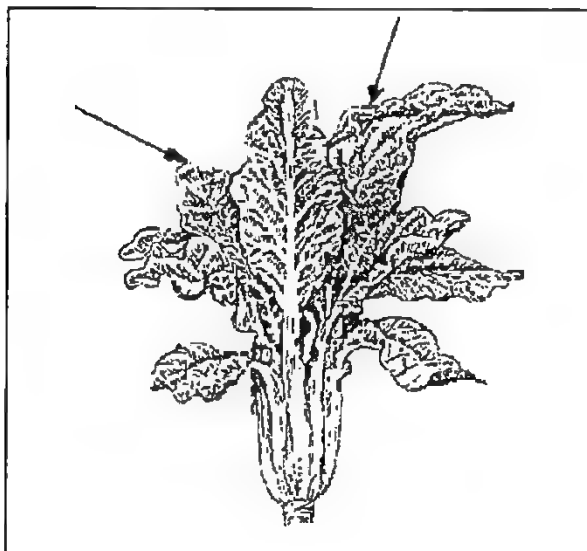
## الكرنب

العنصر	منخفض	كاف	عالٍ
نيتروجين%	٢,٥٠ - ٣,٤٩	٣,٥٠ - ٤,١٠	< ٤,٠
فوسفور%	٠,٣ - ٠,٣٩	٠,٤٠ - ٠,٦٠	< ٠,٦
بوتاسيوم%	٢,٨٠ - ٤,٤٩	٤,٥٠ - ٧,٥	< ٧,٥
كالسيوم%	١,٦٠ - ١,٩٩	٢,٠٠ - ٦,٠	< ٦,٠
ماغنسيوم%	٠,٢ - ٠,٢٩	٠,٣٠ - ٠,٧	< ٠,٧
كبريت%	-	-	-
جزء في المليون (ppm)			
بورون	٢٥ - ٢٩	٣٠ - ١٠٠	< ١٠٠
نحاس	٣ - ٤	٥ - ٢٥	< ٢٥
حديد	٣٠ - ٣٩	٤٠ - ٢٠٠	< ٢٠٠
منجنيز	٢٠ - ٢٤	٢٥ - ٢٠٠	< ٢٠٠
موليبدينوم	-	-	-
زنك	١٥ - ١٩	٢٠ - ٢٠٠	< ٢٠٠

العنصر	منخفض	كاف	عالٍ
نيتروجين%	٢.٨٠ - ٣.٢٩	٣.٣٠ - ٤.٥	٤.٥ <
فوسفور%	٠.٢٨ - ٠.٣٢	٠.٣٣ - ٠.٨	٠.٨ <
بوتاسيوم%	٢.٠٠ - ٢.٥٩	٢.٦ - ٤.٢	٤.٢ <
كالسيوم%	١.٥٠ - ١.٩٩	٢.٠ - ٣.٥	٣.٥ <
ماغنسيوم%	٠.٢٢ - ٠.٢٦	٠.٢٧ - ٠.٥	٠.٥ <
كبريت%	-	-	-
جزء في المليون (ppm)			
بورون	٢٥ - ٢٩	٣٠ - ١٠٠	١٠٠ <
نحاس	٢ - ٣	٤ - ١٥	١٥ <
حديد	٢٥ - ٢٩	٣٠ - ٢٠٠	٢٠٠ <
منجنيز	٢٠ - ٢٤	٢٥ - ٢٥٠	٢٥٠ <
موليبدينوم	٠.٣ - ٠.٤	٠.٥ - ٠.٨	٠.٨ <
زنك	١٧ - ١٩	٢٠ - ٢٥٠	٢٥٠ <

## الخضر الورقية ( الخس - السبانخ )

ميعاد أخذ العينة: منتصف موسم النمو.  
الجزء النباتي المأخوذ للتحليل: أحدث أوراق كاملة النمو.



عدد النباتات والأوراق للعينة الممثلة:

٣٠ - ٥٠ نباتات موزعة عشوائياً داخل المساحة التي تمثلها العينة. ويؤخذ من كل نبات ٢ - ٣ ورقات لتصبح العينة الممثلة ٥٠ - ٧٥ ورقة.

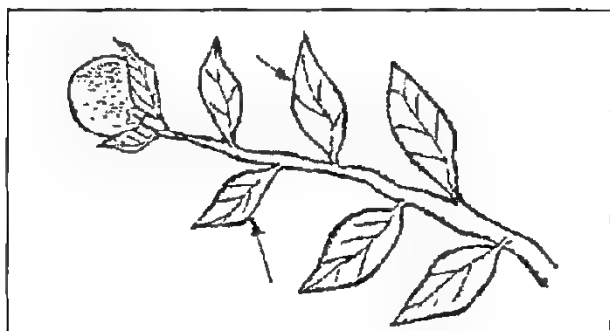
العنصر	منخفض	كاف	عالٍ
نيتروجين%	٣,٩٩ - ٣,٥	٦,٠ - ٤,٠	٦,٠ <
فوسفور%	٠,٢٩ - ٠,٢٥	٠,٦ - ٠,٣	٧,٠ <
بوتاسيوم%	٤,٩٩ - ٤,٠	٨,٠ - ٥,٠	٠,٨ <
كالسيوم%	٠,٦٩ - ٠,٥	١,٢ - ٠,٧	١,٢ <
ماغنسيوم%	٠,٥٩ - ٠,٤	١,٠ - ٠,٦	١,٠ <
كبريت%	-	-	-
جزء في المليون (ppm)			
بورون	٢٤ - ٢٣	٧٥ - ٢٥	٧٥ <
نحاس	٥ - ٤	٢٥ - ٦	٢٥ <
حديد	٥٩ - ٥٠	٣٠٠ - ٦٠	٣٠٠ <
منجنيز	٤٩ - ٤٠	٢٥٠ - ٥٠	٢٥٠ <
موليبدينوم	-	-	-
زنك	١٩ - ١٨	٢٠٠ - ٢٠	٢٠٠ <

## الموالح

ميعاد أخذ العينة : من سبتمبر حتى ديسمبر حسب الصنف وذلك حتى يكتفل نمو أوراق دورة النمو الربيعي. حيث :

- اليوسفى ... .. سبتمبر / أكتوبر
- البلدى ... .. أكتوبر / نوفمبر
- أبوسرة ... .. سبتمبر / أكتوبر
- الصيفى ... .. ديسمبر

الجزء النباتى المأخوذ للتحليل : الأوراق كاملة النضج من الأفرع الثمرية ( عمر ٤- ٥ أشهر من النموات الربيعية ) الورقة الثانية والثالثة من نهايات الأفرع المثمرة .



عدد الأشجار والأوراق للعينة المثلة :

٢٠ - ٢٥ شجرة، على أن تكون مأخوذة عشوائياً، وممثلة لحالة النمو السائد، وموزعة توزيعاً منتظماً داخل المساحة المطلوب تمثيلها. ويؤخذ من كل شجرة ٥ - ١٠ أوراق من حول الشجرة وفى مستوى الكتف - على أن يكون عدد الأوراق المأخوذة إجمالاً ١٥٠ - ٢٠٠ ورقة.



اليوسفي (Citrus reticulata) Mandarin or Tangerine

العنصر	منخفض	كاف	عالٍ
نيتروجين%	$3.00 >$	$3.40 - 3.00$	$3.40 <$
فوسفور%	$0.11 - 0.14$	$0.15 - 0.25$	$0.25 <$
بوتاسيوم%	$0.47 - 0.89$	$0.9 - 1.1$	$1.1 <$
كالسيوم%	—	—	—
ماغنسيوم%	$0.10 - 0.16$	$0.17 - 0.44$	$0.44 <$
كبريت%	—	—	—
(ppm) جزء في المليون			
بورون	$20 - 30$	$31 - 100$	$100 <$
زنك	$5 >$	$5 - 29$	$29 <$

البرتقال (Citrus Sinensis) Navel and Orange

العنصر	منخفض	كاف	عالٍ
نيتروجين%	٢,١٩ - ٢,٠٠	٣,٥ - ٢,٢٠	٣,٥ <
فوسفور%	٠,١١ - ٠,١٠	٠,٥ - ٠,١٢	٠,٥ <
بوتاسيوم%	١,١٩ - ٠,٩٠	٣,٠ - ١,٢٠	٤,٠ - ٣,١
كالسيوم%	١,٠٩ - ٠,٩٠	٤,٠ - ١,١٠	٤,٠ <
ماغنسيوم%	٠,٢٩ - ٠,٢٠	٠,٥ - ٠,٣٠	٠,٥ <
كبريت%	-	-	-
جزء في المليون (ppm)			
يورون	٢٤ - ٢٠	١٠٠ - ٢٥	١٠٠ <
نحاس	٥ - ٤	١٠٠ - ٦	١٠٠ <
حديد	٥٩ - ٤٠	١٥٠ - ٦٠	١٥٠ <
منجنيز	٢٤ - ٢٢	٢٠٠ - ٢٥	٢٠٠ <
موليبدينوم	-	-	-
زنك	٢٤ - ٢٢	٢٠٠ - ٢٥	٢٠٠ <

## العنب

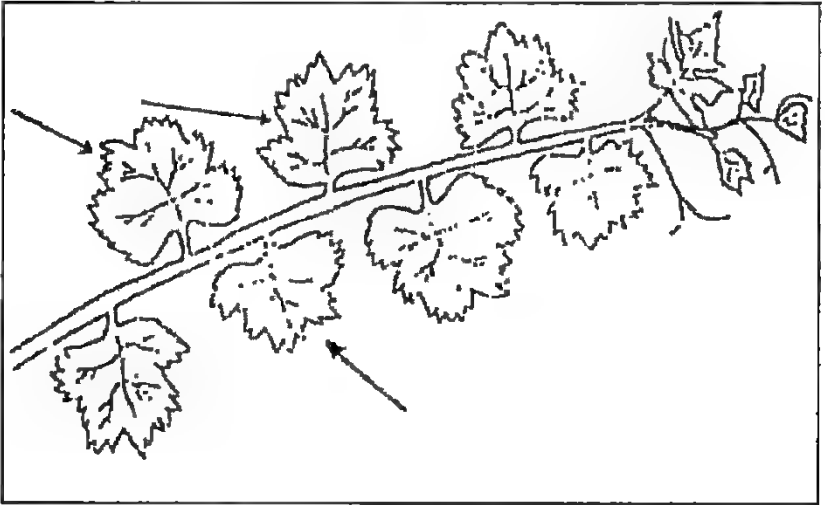
ميعاد أخذ العينة: ٧ - ١٥ يوماً بداية العقد، ويتحدد ذلك حسب ميعاد الري والصنف وعادة تكون العينة:

- العنب البناتي: أول شهر مايو.

- العنب الرومي: منتصف يونيه.

الجزء النباتي المأخوذ للتحليل:

الأوراق كاملة النمو وغير النسنة (بدون عنق) الورقة الخامسة إلى السابعة من قمة الفرع.



عدد الكرمات والأوراق للعينة الممثلة:

٤٠ - ٦٠ كرمة موزعة عشوائياً داخل المساحة التي تمثلها العينة، ويؤخذ من كل

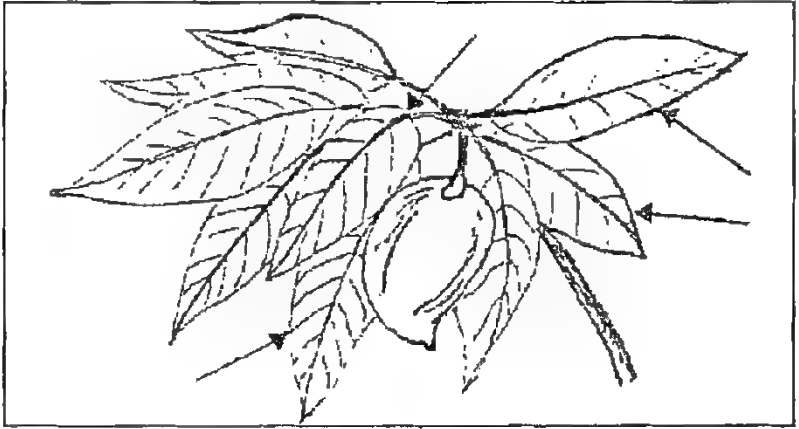
كرمة ٢ - ٣ ورقات، على أن تكون العينة الممثلة إجمالاً ٨٠ - ١٠٠ ورقة.

العنب Grape, Muscadine (*Vitis rotundifolia*)

العنصر	منخفض	كاف	عال
نيتروجين %	١.٦٥	١.٦٥ - ٢.١٥	٢.٥ <
فوسفور %	٠.١٢	٠.١٢ - ٠.١٨	٠.١٨ <
بوتاسيوم %	٠.٨	٠.٨ - ١.٢	١.٢ <
كالسيوم %	٠.٧	٠.٧ - ١.١	١.١ <
ماغنسيوم %	٠.١٥	٠.١٥ - ٠.٢٥	٠.٢٥ <
كبريت %	-	-	-
جزء في المليون (ppm)			
بورون	١٥ >	١٥ - ٢٥	٢٥ <
نحاس	٥ >	٥ - ١٠	١٠ <
حديد	٦٠ >	٦٠ - ١٢٠	١٢٠ <
منجنيز	٦٠ >	٦٠ - ١٢٠	١٥٠ <
موليبدينوم	٠.١٤ >	٠.١٥ - ٠.٣٥	٠.٣٥ <
زنك	١٨ >	١٨ - ٣٥	٣٥ <

## المانجو

ميعاد أخذ العينة: يونيو / سبتمبر حسب الصنف.  
الجزء النباتي المأخوذ للتحليل: الأوراق كاملة النمو والتي بطرف الأفرع المثمرة  
(عمر ٦ شهور) على أن تؤخذ العينة من حول محيط الشجرة وعلى ارتفاع واحد.



عدد الأشجار والأوراق للعينة الممثلة:

١٥ - ٢٠ شجرة على أن تكون تلك الأشجار ممثلة لحالة البستان وموزعة توزيعاً  
منتظماً داخل المساحة المطلوب أن تكون العينة ممثلة لها ويؤخذ من كل شجرة  
٤ - ٥ أوراق على أن تكون العينة الممثلة إجمالاً ٦٠ - ٧٠ ورقة.

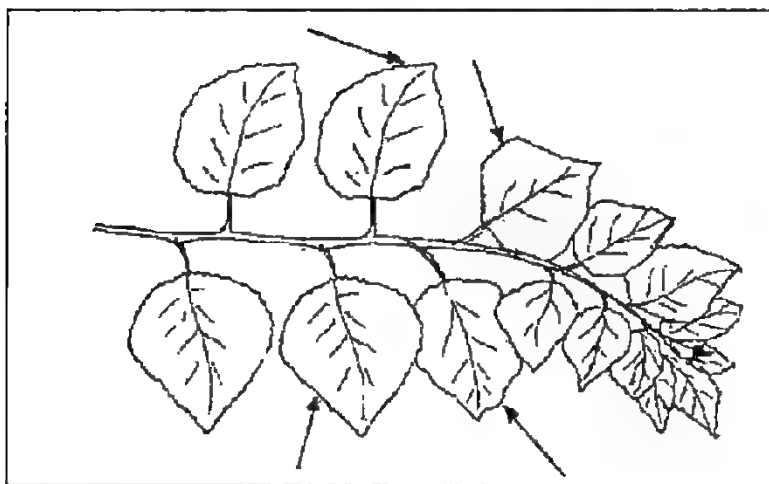
Mango (Mangifera indica)

المانجو

العنصر	منخفض	كاف	عالٍ
نيتروجين%	٠,٧٠ - ٠,٩٩	١,٠٠ - ١,٥٠	١,٥٠ <
فوسفور%	٠,٠٥ - ٠,٠٧	٠,٠٨ - ٠,٢٥	٠,٢٥ <
بوتاسيوم%	٠,٢٥ - ٠,٣٩	٠,٤٠ - ٠,٩٠	٠,٩٠ <
كالسيوم%	١,٠ - ١,٩٩	٢,٠٠ - ٥,٠٠	٥,٠٠ <
ماغنسيوم%	٠,١٥ - ٠,١٩	٠,٢٠ - ٠,٥٠	٠,٥٠ <
كبريت%	-	-	-
جزء في المليون (ppm)			
بورون	٢٠ - ٢٤	٢٥ - ١٥٠	١٥٠ <
نحاس	٥ - ٦	٧ - ٥٠	٥٠ <
حديد	٢٥ - ٤٩	٥٠ - ٢٥٠	٢٥٠ <
منجنيز	٢٥ - ٤٩	٥٠ - ٢٥٠	٢٥٠ <
موليبدينوم	-	-	-
زنك	١٥ - ١٨	٢٠ - ٢٠٠	٢٠٠ <

## التفاح - البرقوق - الخوخ الكمثرى - الجوافة - المشمش

ميعاد أخذ عينة النبات: شهر يونيه ( منتصف موسم النمو ) .  
الجزء النباتى المأخوذ للتحليل: الأوراق كاملة النمو من نهايات الدوائر المثمرة  
وتؤخذ الأوراق من حول محيط الشجرة وبنفس الارتفاع فى مستوى الكتف.



عدد الأشجار والأوراق للعينة الممثلة:

٢٠ - ٢٥ شجرة موزعة عشوائياً داخل المساحة التى تمثلها العينة ويؤخذ من  
كل شجرة ٤ - ٥ أوراق من حول محيط الشجرة وفى مستوى الكتف. على أن تكون  
العينة الممثلة إجمالاً ٨٠ - ١٠٠ ورقة.

# Apple (Malus spp)

## التفاح

العنصر	منخفض	كاف	عالٍ
نيتروجين%	١.٨٩ - ١.٠٧	٢.٦ - ١.٩٠	٣.٠ - ٢.٧
فوسفور%	٠.١٣ - ٠.١٠	٠.٤ - ٠.١٤	٠.٤ <
بوتاسيوم%	١.٤٩ - ١.٠	٢.٠ - ١.٥٠	٠.٤ <
كالسيوم%	١.٢ >	١.٦ - ١.٢٠	١.٦ <
ماغنسيوم%	٠.٢٤ - ٠.٢	٠.٤ - ٠.٢٥	٠.٥ <
كبريت%	٠.٢ >	٠.٤ - ٠.٢٠	٠.٤ <
جزء في المليون (ppm)			
بورون	٢٤ - ٢٠	٥٠ - ٢٥	٥٠ <
نحاس	٥ - ٤	٥٠ - ٦	٥٠ <
حديد	٤٩ - ٤٠	٣٠٠ - ٥٠	٣٠٠ <
منجنيز	٢٤ - ٢٠	٢٠٠ - ٢٥	٣٠٠ - ٢٠١
موليبدينوم	٠.١ - ٠.٠٥	٢٠٠ - ٢٥	-
زنك	١٩ - ١٥	١٠٠ - ٢٠	١٠٠ <



Peach (Prunus Persica)

الخوخ

العنصر	منخفض	كاف	عالٍ
نيتروجين%	٢.٤٠ - ٢.٩٩	٣.٥٠ - ٣.٥٠	٤.٢ - ٣.٦٠
فوسفور%	٠.١٣ - ٠.٠٩	٠.٢٥ - ٠.١٤	٠.٤ - ٠.٢٦
بوتاسيوم%	١.٩٩ - ١.٠٠	٣.٠٠ - ٢.٠٠	٤.٠ - ٣.١٠
كالسيوم%	١.٧٩ - ١.٠٠	٢.٧٠ - ١.٨٠	٣.٥ - ٢.٨٠
ماغنسيوم%	٠.٢٩ - ٠.٢٠	٠.٨٠ - ٠.٣٠	١.١ - ٠.٨١
كبريت%	-	-	-
جزء في المليون (ppm)			
بورون	١٥ - ١٩	٢٠ - ٦٠	٦١ - ٨١
نحاس	٣ - ٤	٥ - ١٦	١٧ - ٣٠
حديد	٦٠ - ٩٩	١٠٠ - ٢٥٠	٢٥١ - ٥٠٠
منجنيز	٢٠ - ٣٩	٤٠ - ١٦٠	١٦١ - ٤٠٠
موليبدينوم	-	-	-
زنك	١٥ - ١٩	٢٠ - ٥٠	٥١ - ٧٠

العنصر	منخفض	كاف	عالٍ
نيتروجين%	٢,١٩ - ٢,٠٠	٢,٨٠ - ٢,٢٠	٢,٨ <
فوسفور%	٠,١ - ٠,٠٩	٠,٢٥ - ٠,١١	٠,٢٥ <
بوتاسيوم%	٠,٩٩ - ٠,٨٠	٢,٠٠ - ١,٠٠	٢,٠ <
كالكسيوم%	٠,٩٩ - ٠,٨٠	١,٥٠ - ١,٠٠	١,٥ <
ماغنسيوم%	٠,٢٤ - ٠,٢٠	٠,٥٠ - ٠,٢٥	٠,٥ <
كبريت%	٠,١٩ - ٠,١٧	٠,٤٠ - ٠,٢٥	٠,٤ <
جزء في المليون (ppm)			
بورون	١٩ - ١٧	٧٠ - ٢٠	٧٠ <
نحاس	٤ - ٣	٢٠ - ٥	٢٠ <
حديد	٥٩ - ٥٠	٢٥٠ - ٦٠	٢٥٠ <
منجنيز	٢٩ - ٢٠	١٠٠ - ٣٠	١٠٠ <
موليبدينوم	١٩ - ١٥	٢٠٠ - ٢٠	٢٠٠ <
زنك	٢٤ - ٢٢	٢٠٠ - ٢٥	٢٠٠ <

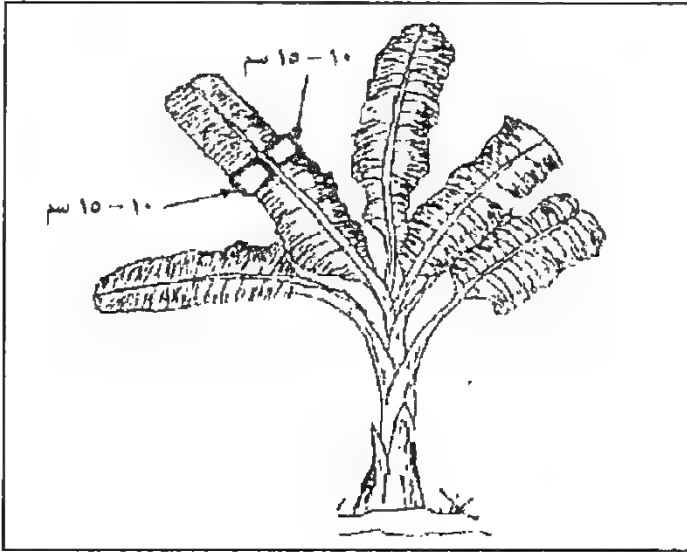
Apricot (ship) (Punus Ameniaca)

المشمش

العنصر	منخفض	كاف	عالٍ
نيتروجين%	١,٨ - ١,٩٩	٢,٠٠ - ٢,٥٠	< ٢,٥
فوسفور%	٠,٠٩ - ٠,١٢	٠,١٣ - ٠,٣٥	< ٠,٣٥
بوتاسيوم%	٢,٠٠ - ٢,٤٩	٢,٥٠ - ٣,٠٠	< ٣,٠
كالسيوم%	١,٠ - ١,٥٩	١,٦٠ - ٢,٥٠	< ٢,٥
ماغنسيوم%	٠,٢٥ - ٠,٢٩	٠,٣٠ - ١,٢٠	< ١,٢
كبريت%	-	-	-
جزء في المليون (ppm)			
بورون	٢٠ - ٢٤	٢٥ - ٧٠	٧١ - ٩٠
نحاس	٣ - ٤	٥ - ٢٥	< ٢٥
حديد	٦٠ - ٦٩	٧٠ - ١٥٠	< ١٥٠
منجنيز	٢٠ - ٢٤	٢٥ - ١٠٠	< ١٠٠
موليبدينوم	-	-	-
زنك	١٥ - ١٩	٢٠ - ١٠٠	< ١٠٠

## الموز

ميعاد أخذ العينة: خلال مرحلة النمو النشطة للنبات، حيث إن الظروف البيئية كثيراً ما تؤثر في الميعاد المناسب لأخذ العينة.  
الجزء النباتي المأخوذ للتحليل: يؤخذ شريط بعرض ١٠ - ١٥ سم عند منتصف الورقة الحديثة الثالثة وعلى جانبي العرق الأوسط.



عدد الأشجار والأوراق للعينة الممثلة:

٨ - ١٠ نباتات مأخوذة عشوائياً، وممثلة لحالة النمو السائد وموزعة توزيعاً منتظماً داخل المساحة المطلوب تمثيلها، ويؤخذ من كل نبات شريطان اثنان فقط على أن تكون العينة الممثلة ١٦ - ٢٠ شريطاً.

العنصر	متخففى	كاف	عال
نيتروجين%	٢.٤٩ - ٢.٥٠	٤.٥ - ٣.٥٠	٤.٥ <
فوسفور%	٠.١٩ - ٠.١٥	٠.٤ - ٠.٢٠	٠.٤ <
بوتاسيوم%	٣.٧٩ - ٣.٠٠	٥.٠ - ٣.٥٠	٥.٠ <
كاليوم%	٠.٧٩ - ٠.٥٠	١.٥٠ - ٠.٨٠	١.٥ <
ماغنسيوم%	٠.٢٤ - ٠.١٨	٠.٨ - ٠.٢٥	٠.٨ <
كبريت%	٠.٢٤ - ٠.١٨	٠.٨ - ٠.٢٥	٠.٨ <
جزء فى المليون (ppm)			
بورون	٩ - ٧	٥٠ - ١٠	٨٠ - ٥١
نحاس	٥ - ٤	٢٥ - ٦	٢٥ <
حديد	٧٥ - ٥٠	٣٠٠ - ٧٦	٣٠٠ <
منجنيز	٩٩ - ٧٥	١٠٠٠ - ١٠٠	١٠٠٠ <
موليبدينوم	-	-	-
زنك	١٩ - ١٥	٢٠٠ - ٢٠	٢٠٠ <

## Olive (Olea europaea)

## الزيتون

العنصر	منخفض	كاف	عالٍ
نيتروجين%	$1.5 >$	$1.5 - 2.5$	$2.5 <$
فوسفور%	$1.0$	$0.3 - 0.1$	$0.3 <$
بوتاسيوم%	$0.8 - 0.5$	$1.2 - 0.9$	$1.2 <$
كالسيوم%	$1.0 >$	$1.0 <$	—
ماغنسيوم%	$2 >$	$0.2 <$	—
كبريت%	—	—	—
جزء في المليون (ppm)			
بورون	$15 - 19$	$20 - 75$	$75 <$
نحاس	—	—	—
حديد	—	—	—
منجنيز	$25 >$	$25 <$	—
موليبدينوم	—	—	—
زنك	$25 >$	$25 <$	—

Fig (Ficus carica)

التين

العنصر	منخفض	كاف	عالٍ
نيتروجين%	١,٧ - ١,٩	٢,٠ - ٢,٥	< ٢,٥
فوسفور%	> ٠,١	٠,١ - ٠,٣	< ٠,٣
بوتاسيوم%	٠,٧ - ٠,٩	< ١,٠٠	-
كالمسيوم%	> ٣,٠	< ٣,٠	-
ماغنسيوم%	> ٠,٧٥	> ٠,٧٥	-
كبريت%	-	-	-
جزء في المليون (ppm)			
بورون	-	-	< ٣٠٠
نحاس	> ٤	< ٤	-
حديد	-	-	-
منجنيز	> ٢٠	< ٢٠	-
موليبدينوم	-	-	-
زنك	-	-	-





## المراجع

### أ - المراجع العربية:

- ١ - أحمد عبد المنعم حسن ( ١٩٨٤ ) :  
« أساسيات إنتاج وتكنولوجيا الزراعات المكثوفة والعهدية » - الدار العربية للطباعة والنشر.
- ٢ - سمير عبد الوهاب أبو الروس وآخرون ( ١٩٩٢ ) :  
« خصوبة أراضى وتغذية النبات » كلية الزراعة جامعة القاهرة - التعليم المفتوح.
- ٣ - عبد المنعم بلبع ( ١٩٨٨ ) :  
« خصوبة الأراضى و التسميد » - دار المطبوعات الجديدة.
- ٤ - مشروع المغذيات الصغرى ومشاكل تغذية النبات فى مصر ( ١٩٨٦ ) :  
« الطرق العملية الروتينية المستخدمة فى تحاليل التربة والنبات بغرض تقدير الاحتياجات السمادية للمحاصيل المختلفة » .
- ٥ - مشروع العناصر المغذية الصغرى ومشاكل تغذية النبات فى مصر ( ١٩٨٧ ) :  
« أخذ عينات التربة والنبات » .
- ٦ - مشروع العناصر المغذية الصغرى ومشاكل تغذية النبات فى مصر ( ١٩٨٧ ) :  
« تحاليل التربة والنبات لتحديد الاحتياجات السمادية » .
- ٧ - مشروع العناصر المغذية الصغرى ومشاكل تغذية النبات فى مصر ( ١٩٨٩ ) :  
« الأعراض الظاهرية لبعض العناصر المغذية فى النبات » .
- ٨ - محمد عز الدين ابراهيم - سمير عبد الوهاب أبو الروس ( ١٩٧٧ ) :  
« محاضرات فى مادة خصوبة الأراضى لطلبة كلية الزراعة - جامعة القاهرة » .

٩ - محمد محمود بدر الدين (١٩٧٨)

« محاضرات في مادة كيمياء وتغذية النبات لطلبة كلية الزراعة - جامعة القاهرة » .

١٠ - محمد محمود شراقي وآخرون (١٩٩٣)

« فسيولوجيا النبات - الطبعة الرابعة - نسخة مترجمة عن روبرت/ م. ديفيلين

- فرنسيس هـ. وندام - الدار العربية للنشر » .

\*\*\*

- 1 - Arnon, D.j., and P.R Stout. (1939) : The essentiality of certain elements in minute quantity for plants with special reference to copper. *Plant Physiology*, 14: 371.
- 2 - Bennett, W.F. (1994) : Nutrient deficencis and toxicities in crop plants. *The American Phytopathological Society PP* 202.
- 3 - Brown , P.H., R.M Welsh, And E.E .Cary. (1987) : .Nickle a micronutrient essential for higher plants. *plant Physiology* 85: 801 -803.
- 4 - El-sayad, E.A And R.W. Blanchar (1993 ) : Boron concentration in soils of the Fayoum Depression As A function of distance from Qarun Lake. *Fayoum J .Agric, Res & Dev.,* 7 (1) : 57 -67.
- 5 - Epstein, E. (1965): Mineral nutrition, PP. 438 -466 In : J. Bonner and J.E Varner (eds.) *Plant Biochemistry*. Academic Press, Inc., Orlando ,FL
- 6 - Jarrell, W.M., and R.B Beverly. (1981) : The dilution effect in plant nutrition studies advances in agronomy 34: 197 - 224
- 7 - Jones, Jr., J.B. (1970): Distribution of fifteen elements in corn leaves. *Communications In Soil Science And Plant Analysis* 1: 27 - 33.
- 8 - Jones, Jr., J.B., R.L. Large D.B Pfeiderer, and H.S. Klosky, . (1971) : How to properly sample for a plant analysis, *Soils*

**& Crops 23 : 15 -18.**

- 9 – Jones, Jr. J.B.; B Wolf and H. A. Mills (1991) : Plant analysis handbook. Micro – Macro Publishing, Inc. /U.S.A.**
- 10 – Karuskopf, K.b.(1972): Geochemistry of micronutments In: J.J Micronutments In Agriculture, Mortvedt, P.M. G. and W.L. Lindsay, eds., Soil Sci: Soc. Am . Inc., Madison, Wis. 7 –40.**
- 11 – Marschener, Horst (1986) :Nutrition Of Higher Plants. Academic Press, Inc., New York, Ny.**
- 12 – Mengel, K.. and E.A Kirkby. (1981) : Principles Of Plant Nutrition, Fourth Edition. International Potash Institute, Beme, Switzerland.**
- 13 – Scheffer, F., And P. Schacht schabel (1976): (G) Text book of Soil Science. 9th ed F. Enke- Verlag. Stuttgart, Germany.**
- 14 – Sonneveld, C., and P.A.Ven Dijk. (1982) : The Effectiveness of Some Washing Procedures On The Removal Of Contaminates From Plant Tissues of glasshouse Crops. Communications In Soil Science And Plant Analysis, 13; 487. 496.**
- 15 – Takahashi E.. And Y. Miyake (1977): Silica And Plant Growth, PP. 603 –.804. In Proceeding International Seminar Soli Enviromental And Fertility Management Intensive Agriculture. National Institute Of Agricultural Sceience, Tokyo, Japan.**
- 16 – Viets, F.G, Jr. (1962): Chemistry and availability of micro-nutrients., J.Agric. Food Chem.10; 174 –178.**

## المؤلف

الاسم : أ. د. إيهاب عبد الحليم الصياد.

الوظيفة الحالية: أستاذ بقسم الأراضى والمياه بكلية الزراعة بالفيوم -  
جامعة الفيوم.

### المؤهلات العلمية:

بكالوريوس علوم زراعية ( أراضى ) يونيو ١٩٧٧ - جامعة القاهرة.  
ماجستير فى العلوم الزراعية (أراضى) ١٩٨٣ - جامعة القاهرة.  
دكتوراة الفلسفة فى العلوم الزراعية ١٩٨٨ - جامعة ابردين بانجلترا.

### المهام العلمية:

مهمة علمية بقسم الأراضى بجامعة ديسورى بالولايات المتحدة ١٩٩١ / ١٩٩٢.

### كتب صدرت للمؤلف:

النوالح..... «دار المعارف» .  
الخضر القرعية . .... «دار المعارف» .



## الفهرس

مقدمة.....٣

### الباب الأول:

مصادر وصور العناصر الغذائية وميكانيكية امتصاصها بواسطة النباتات الراقية..٥

مكونات التربة.....٥

الصور التي توجد عليها العناصر الغذائية في الطور الصلب في التربة.....٧

ميكانيكية امتصاص العناصر بواسطة النباتات الراقية.....١٩

### الباب الثاني:

أسباب ظهور مشكلة نقص العناصر الغذائية على النباتات الراقية.....٢٣

التوازن الغذائي والعلاقة بين العناصر.....٢٧

### الباب الثالث:

حالات نقص العناصر الغذائية في النباتات الراقية.....٢٩

### الباب الرابع:

العناصر الضرورية للنباتات الراقية.....٣٣

تقسيم العناصر الغذائية الضرورية للنباتات الراقية حسب مصادرها:

النيتروجين- الفوسفور- البوتاسيوم- الكالسيوم- المغنسيوم- الكبريت- البورون-

الكلورين- النحاس- الحديد- المنجنيز- الموليبدنيوم- الزنك.....٣٧

## الباب الخامس:

أسس تقدير الاحتياجات السمادية للنباتات الراقية.....	٨٣
الأعراض الظاهرية لنقص العناصر.....	٨٣
اختبارات التربة.....	٩٣
تحليل النبات.....	٩٥

## الباب السادس:

أخذ العينات النباتية وإعدادها للتحليل.....	١٠٣
- تحضير العينات النباتية وتحليلها.....	١٠٩

## الباب السابع:

تفسير نتائج تحليل النبات للمحاصيل المختلفة.....	١٢٣
المراجع العربية.....	١٦٩
المراجع الأجنبية.....	١٧١
المؤلف - كتب صدرت للمؤلف.....	١٧٣

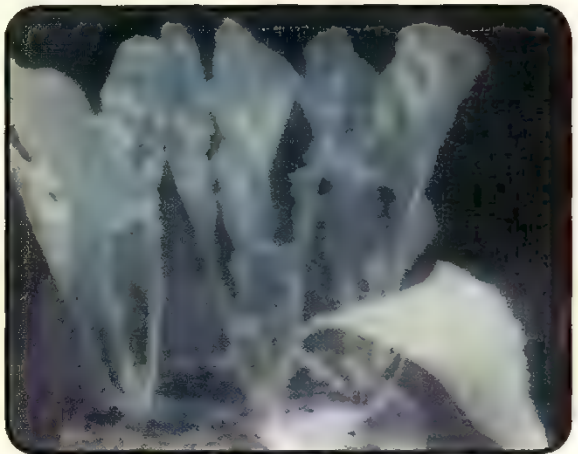


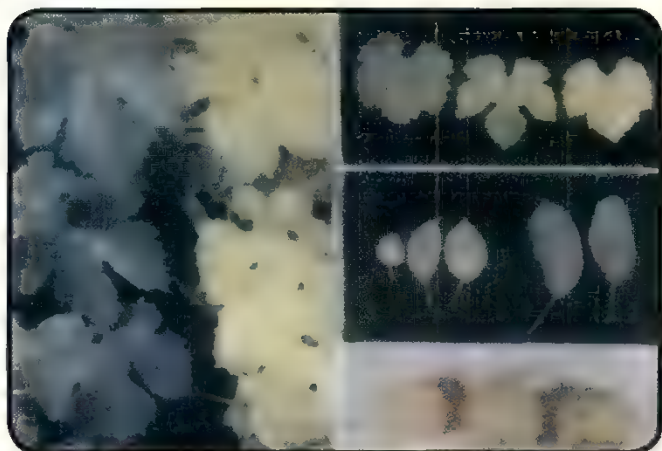
## أعراض نقص النيتروجين على بعض المحاصيل



أعراض نقص النيتروجين على نبات الذرة الشامية

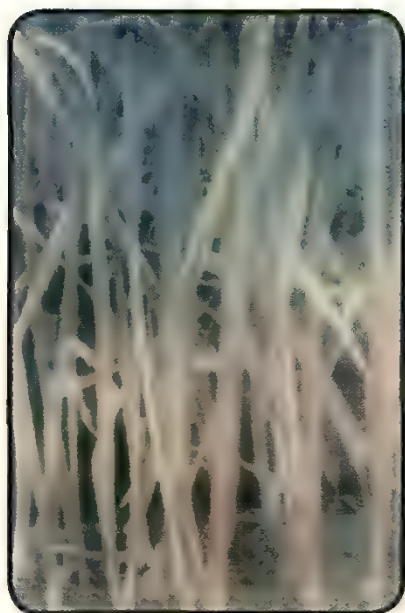
أعراض نقص  
النيتروجين على  
بنجر السكر  
اصفرار الأوراق  
السفلية ثم انتشار  
الاصفرار في مراحل  
متأخرة على كل  
النبات





أعراض  
نقص  
النيتروجين  
على العنب

## أعراض نقص الفوسفور على بعض المحاصيل



أعراض نقص الفوسفور على القمح  
وتظهر الأوراق السفلية باللون القرمزي  
لتكوين مادة الأنثوسيانين

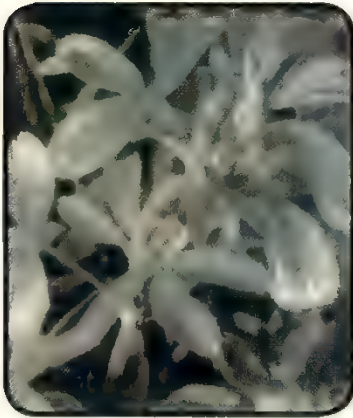
أعراض نقص  
الفوسفور على  
أوراق الطماطم



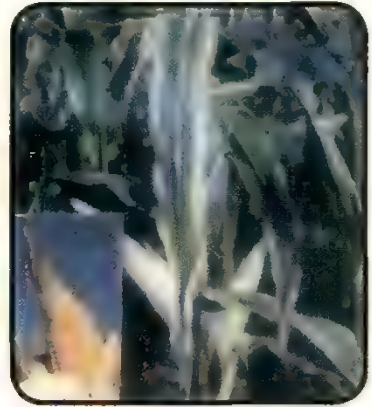
أعراض نقص  
الفوسفور على أوراق  
العنب



## أعراض نقص البوتاسيوم على بعض المحاصيل



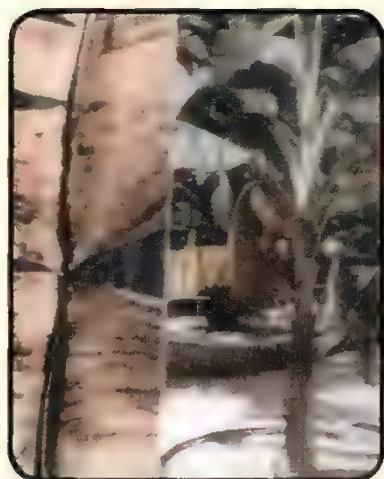
أعراض نقص البوتاسيوم  
على البرسيم



أعراض نقص البوتاسيوم  
على نبات الذرة الشامية



أعراض نقص البوتاسيوم  
على البطاطس



أعراض نقص البوتاسيوم على التفاح      أعراض نقص البوتاسيوم على الموز

## أعراض نقص الكالسيوم والمغنسيوم على بعض المحاصيل



أعراض نقص الكالسيوم  
على ثمار البطيخ

أعراض نقص الكالسيوم  
على الطماطم

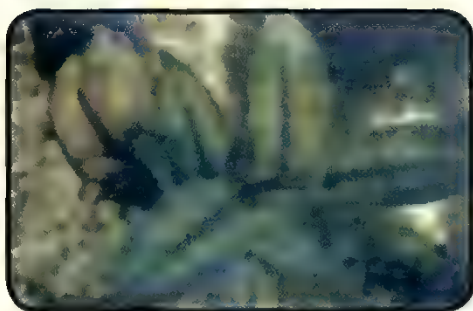




أعراض نقص الماغنسيوم  
على أوراق الشعير



أعراض نقص الماغنسيوم على العنب  
العرق الوسطى أخضر والمناطق حوله من الورقة صفراء  
لنقص الكلوروفيل وزيادة النقص تجف الورقة كلها



أعراض نقص الماغنسيوم على الموالح

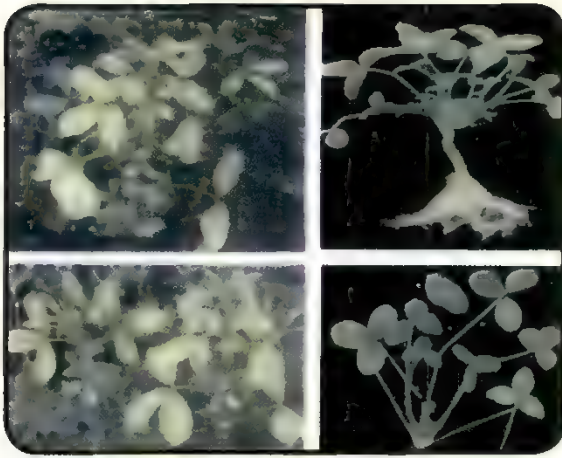
## أعراض نقص البورون على بعض المحاصيل الحقلية



أعراض نقص البورون على  
كيزان الذرة الشامية ويلاحظ  
عدم اكتمال حبوب كوز  
الذرة والطرف الخالي من الحبوب



أعراض نقص البورون على القطن



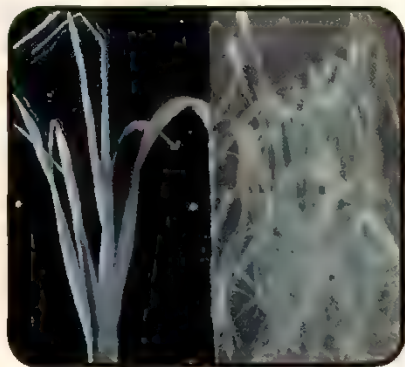
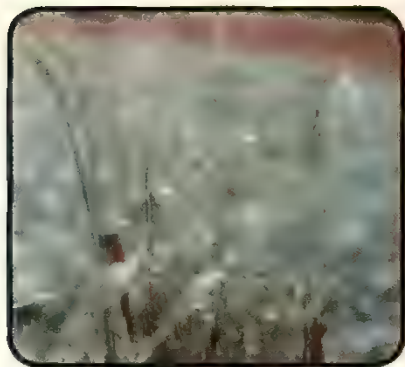
أعراض نقص البورون  
على البرسيم ويلاحظ  
اصفرار حواف الأوراق  
حديثة النمو وجفافها  
في المراحل المتقدمة



أعراض نقص البورون على بنجر السكر



## أعراض نقص النحاس والحديد على بعض المحاصيل الحقلية والخضر



### أعراض نقص النحاس على نبات القمح



أعراض نقص الحديد  
على نبات فول الصويا

أعراض نقص الحديد  
على نبات القطن



أعراض نقص الحديد  
على نبات البطاطس

## أعراض نقص الحديد على بعض محاصيل الفاكهة



أعراض نقص الحديد في المانجو



أعراض نقص الحديد في الكمثرى



أعراض نقص الحديد في العنب

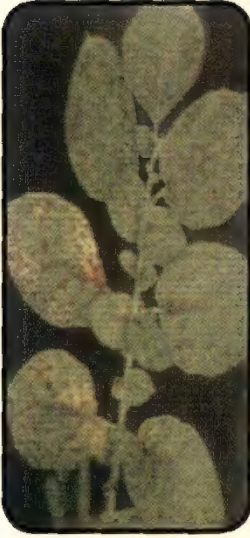


أعراض نقص  
الحديد في الموالج

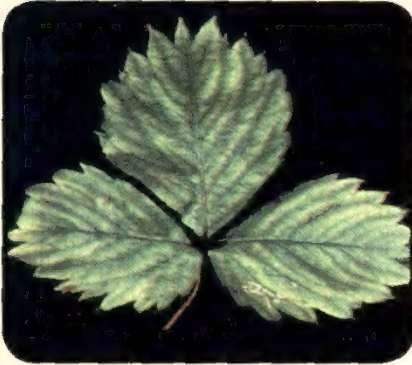
## أعراض نقص المنجنيز على بعض محاصيل الخضر والموالج



أعراض نقص المنجنيز على أوراق الفاصوليا



أعراض نقص المنجنيز على أوراق البطاطس  
ويلاحظ ظهور بقع بنية في حالة النقص الشديد



أعراض نقص المنجنيز  
على الفراولة



أعراض نقص المنجنيز  
على أوراق الطماطم





أعراض نقص المنجنيز  
على البرتقال

## أعراض نقص الزنك على بعض المحاصيل



أعراض نقص الزنك  
على نبات البصل



أعراض نقص الزنك  
على نبات الذرة الشامية

أعراض نقص الزنك  
على أوراق العنب



أعراض نقص الزنك  
على أوراق المانجو



أعراض نقص الزنك على أوراق الكمثرى



أعراض نقص الزنك على أوراق البرتقال